FONDO PIZZOFALCONE
NAZIONALE
B. Prov.
X
381
BIBLIOTECA
VITT. EM. III
NAPOLI

BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio XIV
Palchetto
Num.° d' ordine 5
10081

B. Cour.
X
781

Digitized by Google

Digitized by Google

VOYAGE
AU POLE SUD
ET DANS L'OCÉANIE.

—

GÉOLOGIE, MINÉRALOGIE
ET
GÉOGRAPHIE PHYSIQUE.

PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Cᵉ.
Successeurs de Fain et Thunot, rue Racine, 28, près de l'Odéon

Digitized by Google

643194

VOYAGE
AU POLE SUD
ET DANS L'OCÉANIE

SUR LES CORVETTES

L'ASTROLABE ET LA ZÉLÉE,

EXÉCUTÉ

PENDANT LES ANNÉES 1837-1838-1839-1840,

SOUS LE COMMANDEMENT

DE M. J. DUMONT-D'URVILLE,
Capitaine de vaisseau,

PUBLIÉ

sous la direction supérieure
DE M. JACQUINOT, CAPITAINE DE VAISSEAU COMMANDANT DE LA ZÉLÉE.

GÉOLOGIE, MINÉRALOGIE

ET

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE DU VOYAGE.

d'après les matériaux recueillis par MM. les chirurgiens naturalistes de l'expédition.

PAR M. J. GRANGE,
Docteur ès sciences et docteur en médecine des Facultés de Paris.

PARIS,
GIDE ET Cie, ÉDITEURS,
RUE DES PETITS-AUGUSTINS, 5, PRÈS LE QUAI MALAQUAIS.

1848

Google

AVERTISSEMENT.

L'expédition de l'*Astrolabe* et la *Zélée* avait spécialement pour but l'étude géographique et hydrographique d'un grand nombre de terres fréquentées par nos navires, et qui offraient quelque intérêt pour le commerce ou pour la fondation de colonies nouvelles. A ce point de vue, l'*Astrolabe* et la *Zélée* ont surpassé toutes les espérances que l'on avait pu former : la découverte de la terre Adélie, le relèvement d'une immense étendue de côtes à peine connues ou imparfaitement étudiées, des observations précieuses sur les races, les mœurs, le langage de populations qui vont bientôt disparaître devant

Digitized by Google

les flots de la civilisation, dont l'écume repousse et détruit les peuplades sauvages, donneront à ce voyage un intérêt qui ne pourra qu'augmenter, lorsque l'attention des savants sera plus souvent appelée sur ces contrées, que les émigrations européennes tendent à repeupler.

L'étude de l'hydrographie et de la physique devait prendre aussi une large part dans les travaux de la campagne; MM. Vincendon-Dumoulin et Coupvent, qui en étaient spécialement chargés, ont rivalisé de zèle et de savoir, et ont assuré à ce voyage une place à jamais honorable parmi tous ceux qui ont été entrepris.

Les sciences naturelles ont trouvé dans les médecins de l'*Astrolabe* et de la *Zélée* un dévouement digne de tout éloge; pendant le peu de jours qu'ils ont passés dans chaque mouillage, ils ont recueilli des collections précieuses, des observations, des documents d'une haute importance pour l'étude de ces sciences. Cependant dans cette course rapide, au milieu de terres si diverses, sous des climats si différents, ils n'ont pu le plus souvent qu'en-

trevoir les importants et intéressants travaux auxquels ils auraient désiré se livrer; le peu de temps que les navires passaient au mouillage, les besoins du service, mille obstacles naturels ne leur ont permis qu'une étude superficielle du sol qu'ils ne pouvaient explorer que pendant quelques heures.

C'est surtout pour les recherches géologiques que ces difficultés se sont fait sentir; pour connaître d'une manière précise la constitution géologique d'un pays, il faudrait pouvoir le parcourir dans deux ou trois directions différentes, et posséder des cartes géographiques que l'on pourrait transformer par l'étude du sol en cartes géologiques.

Si nous exceptons quelques lieux, le détroit de Magellan, Hobart-Town, où les corvettes ont passé un temps assez long pour faire de nombreuses observations et recueillir un grand nombre de matériaux importants, presque partout les recherches ont été limitées à la côte, on n'a pu obtenir que des notes imparfaites, et nous ne pourrons donner bien souvent que des

généralités, importantes sans doute sur des contrées entièrement inconnues, mais malheureusement incomplètes pour les savants qui apportent dans les études géologiques l'examen attentif et rigoureux qu'exige une science qui a pour but la solution de problèmes d'un ordre si élevé.

Nous avons cru faire une chose utile, spécialement aux officiers et aux naturalistes de la marine, qui s'appliqueront sans doute de plus en plus à l'étude de la géologie, en donnant un exposé sommaire de toutes les connaissances que nous possédons sur la composition du sol des terres de l'Océanie.

C'est pour atteindre ce but que nous ne nous sommes pas bornés à indiquer les observations de détail qui ont été recueillies sur chaque point dans le cours de la campagne; nous avons fait tous nos efforts pour réunir à nos travaux les connaissances répandues dans un grand nombre d'ouvrages étrangers, afin qu'on pût trouver dans le Voyage au Pôle Sud, qui fera sans doute partie de la bibliothèque de tous

les navires qui parcourront l'hémisphère austral, les premières indications, les premières bases qui pourront diriger les naturalistes dans leurs recherches.

Les phénomènes actuels ont spécialement attiré et fixé notre attention, nous avons fait tous nos efforts pour rapporter à l'étude de la formation des terrains les lois de la géographie physique, l'étude des vents, des courants, du mouvement des eaux, de la température moyenne et extrême de l'air et de la mer, l'étude de la distribution géographique des êtres organisés.

C'est en effet par les phénomènes actuels que nous pouvons remonter peu à peu d'âge en âge, de l'époque actuelle aux époques antérieures, où la grandeur des effets étonne notre intelligence et confond trop souvent les hypothèses que nous faisons pour remonter à la cause.

Nous avons donné une attention spéciale à trois grandes questions : 1° à celle des glaces et des glaciers polaires, dont l'examen a joué un si grand rôle dans la campagne de l'*Astrolabe*;

2° à celle des phénomènes volcaniques qui occupent une si large place dans l'histoire géologique des terres de l'Océanie; 3° enfin à celle des formations madréporiques du grand Océan.

Notre travail n'est qu'un essai, et nous le présentons comme tel, nos cartes géologiques ne sont sans doute que des ébauches, mais c'est par les ébauches que se sont commencés la plupart des travaux de ce genre.

Puissions-nous appeler sur notre ouvrage l'examen et les critiques de tous ceux qui parcourront ces mers si peu explorées; que chacun à son tour apporte une pierre à l'édifice, corrige une inexactitude, une erreur, et bientôt la géologie possédera des données précieuses sur ces terres si importantes à étudier.

La zoologie et la botanique ont trouvé, dans les travaux des voyages de circumnavigation, un vaste champ d'études; la découverte d'organisations complétement inconnues, la connaissance d'un grand nombre de genres et d'espèces qui établissent des rapports, des passages

entre les différents groupes naturels des animaux et des végétaux, ont jeté depuis peu d'années de brillantes lumières sur les harmonies de la vie organique, et ont fait faire de grands progrès à la philosophie naturelle.

La géologie recueillera à son tour un immense avantage de l'étude du sol dans des contrées très-éloignées et très-différentes, mais les observations que devront recueillir les naturalistes qui s'occuperont des travaux de ce genre, doivent avoir une précision bien supérieure à celle que les naturalistes emploient dans les autres sciences. En zoologie, en botanique, un individu peut avoir une haute importance, en géologie la roche comme espèce n'a aucune valeur, si vous n'indiquez avec la plus parfaite exactitude le point précis sur lequel elle a été recueillie, les roches sur lesquelles reposait la couche à laquelle elle appartient, celles qui lui étaient superposées.

La géologie doit toujours procéder par la connaissance exacte et précise des lieux, par l'anatomie descriptive des formations, si je puis

m'exprimer ainsi. Ce n'est qu'après cette étude qu'elle peut s'élever à des considérations générales sur l'origine et l'âge de ces terrains.

Il serait extrêmement utile que les officiers chargés de lever le plan des baies, des havres et des côtes, eussent le soin d'indiquer la nature des roches de chaque partie du sol, ou mieux d'arracher à la roche quelques lambeaux, en ayant soin de fixer sur les échantillons des numéros indiquant leur place sur la carte, et leur position relative avec les autres roches, leur inclinaison, leur direction, leur hauteur au-dessus du niveau de la mer. Si des cartes et les échantillons correspondants étaient ainsi réunis, on aurait bientôt sur chaque pays des notions exactes qui permettraient de faire des cartes géologiques d'une grande précision, et qui seraient éminemment favorables à l'avancement de la science.

Après l'étude géographique des lieux, celle de la nature des roches et de leur superposition, nous ne saurions trop recommander la recherche des débris fossiles dont l'étude jettera dans

peu d'années une lumière bien vive sur l'histoire de la terre. Qui ne voudrait concourir à cette merveilleuse entreprise de l'esprit humain, de remonter par l'étude à l'histoire des époques antérieures, de connaître la série des événements qui ont renouvelé si souvent avant lui la surface du globe.

Nous devons des remercîments bien sincères aux professeurs du Jardin des Plantes, qui ont bien voulu nous prêter leur bienveillant concours, à M. le professeur Cordier, qui a eu la bonté de contrôler toutes les déterminations des collections recueillies par l'*Astrolabe* et la *Zélée*, à MM. Milne-Edwards et de Jussieu, qui nous ont aidé de leurs conseils et de leurs lumières.

Je dois aussi un témoignage bien vif de ma reconnaissance à M. Constant Prévot, qui a bien voulu contrôler une partie de mon travail; à M. Élie de Beaumont, qui m'a aidé de ses conseils, et enfin à M. de Verneuil, qui m'a souvent encouragé dans mes efforts.

M. Alcide d'Orbigny a bien voulu se charger de la publication de la Paléontologie, et en

cela il a donné un grand prix à notre travail, en consentant à s'y associer. Qu'il reçoive aussi mes remercîments pour son concours.

Je ne dois pas finir ces lignes sans dire que j'ai dû un grand nombre de notes et de documents précieux à MM. Vincendon-Dumoulin et Coupvent-Desbois, dont les travaux en physique et en hydrographie m'ont été extrêmement utiles.

MM. Hombron et Jacquinot ont mis le zèle le plus parfait à me donner tous les renseignements, toutes les notes qu'ils possédaient, et ce travail leur devra en grande partie l'estime qu'on pourra lui accorder.

Je le répète de nouveau, notre travail n'est qu'un essai sur la géologie des terres australes, un essai incomplet, inexact à beaucoup d'égards. Il aura cependant rempli le but que je me suis proposé, s'il rend les recherches ultérieures plus faciles, s'il engage les officiers et les médecins de la marine à se livrer de plus en plus à l'étude de cette science d'une si haute importance, et qui est appelée à jouer un si grand rôle dans l'enchaînement de nos connaissances.

Nous avons cité dans le cours de notre travail aussi souvent que nous avons pu le faire, les ouvrages dans lesquels nous avons trouvé des renseignements importants ; nous avons souvent reproduit les notes que nous avons recueillies dans les publications étrangères, désireux de présenter dans notre travail le résumé le plus complet des connaissances géologiques que nous possédons sur les diverses contrées que nous avons étudiées.

Les classifications qui servent de base au cours que M. Cordier professe au Muséum, et d'après lesquelles les collections de la galerie de géologie sont disposées, sont celles qui ont été adoptées dans cet ouvrage. Nous avons donné à la suite de notre travail, avec l'autorisation de M. Cordier, le tableau de cette classification, et afin que les géologues puissent vérifier nos assertions, chaque échantillon disposé au Muséum correspond au numéro que nous avons indiqué dans notre catalogue.

Digitized by Google

CHAPITRE PREMIER.

Observations recueillies sur la géologie et la géographie physique des terres antarctiques.

Nous nous proposons de réunir dans ce chapitre les observations qui ont été recueillies dans les diverses campagnes d'exploration qui ont été faites vers le pôle antarctique, dans le double but de connaître la composition géologique des îles et des terres qui ont été découvertes, et de faire l'histoire des glaciers et des glaces flottantes qui entourent de toute part ce monde inconnu.

Il m'a paru très-important pour l'étude de la géographie physique, pour l'étude de la distribution de la chaleur à la surface du globe, pour toutes les questions générales de physique, d'hydrographie et de navigation, de rapprocher les faits étudiés à diverses époques, de les comparer et de tirer de leur examen attentif des inductions qui pourront conduire à des lois théoriques sur la coordination des phénomènes. Nous chercherons spécialement à donner ici

un résumé des connaissances acquises sur la disposition des banquises et des glaces flottantes des mers du sud, par le récit des divers voyageurs qui se sont disputé l'exploration de ces régions glacées; et nous y puiserons les observations nécessaires pour la seconde partie de notre travail. Le premier voyageur qui se présente dans la lice est Cook, en 1773 et 1774. Envoyé à la découverte des terres que l'on supposait exister sous les latitudes du 50° au 60°, il parcourt sous les parallèles des 60°, 90°, 150°, un espace de 180 lieues, et parvient deux fois à une latitude très-élevée; le 17 janvier 1773, sur le méridien du 38° E. au 67° 30′ latitude sud, et le 30 janvier 1774, à 71° 15′ latitude sud, par le méridien du 109° S. E.;

Cook attachait peu d'importance aux masses de glaces qui entourent le pôle, il ne s'en tint pas assez près pour en obtenir le tracé;

Le *Wostok* et le *Mirni*, sous le commandement du capitaine Bellinghausen, visitent les parages des îles Shetland, de la terre de Sandwich, et suivent pendant plusieurs jours les banquises à la latitude du 69°. Mais le 9 janvier 1821 ils atteignirent la latitude du 70° S., à 2 ou 3 degrés à l'E. du point où Cook avait franchi le 71°. Bellinghausen découvrit à l'E. deux îles qui furent nommées Alexandre Ier et Pierre Ier; ces îles se rattachent très-vraisemblablement à la terre de Graham, et il est probable que les immenses glaciers que le capitaine Cook rencontra par le 109° long. étaient attachés à ce même continent antarctique. Il avait du reste pressenti cette décou-

verte, il croyait sérieusement à l'existence de ces terres polaires qu'il avait reconnues nécessaires pour expliquer la formation des immenses îles de glaces au milieu desquelles il avait navigué (*voir le deuxième Voyage de Cook*). Palmer et Powell, tous deux pêcheurs de phoques, vont à la recherche des terres favorables à la pêche ; ils découvrent, l'un la terre de Palmer, l'autre les îles South-Orkney, appelées aussi îles Powell ; plusieurs fois ils se trouvèrent arrêtés dans leurs tentatives au S. par les banquises, entre les 60ème et 62ème parallèles ; Bransfields, dans les mêmes parages, parvient, en 1820, jusqu'au 64° de latitude S., par le méridien 55° O., où il se trouve arrêté par les mêmes banquises ; vinrent ensuite les voyages de Morel, dont les géographes n'ont tenu aucun compte, et que nous passerons pour arriver à la campagne de Powell, vers le pôle S., tentative qui eut un succès extrêmement remarquable ; en 1823, il pénétra d'abord jusqu'au 65° de latitude S., puis revenant au N. pour reconnaître l'espace compris entre les îles Powell et les Sandwich, où il espérait découvrir quelques terres, il remit, le 1er février de la même année, le cap au S., et après avoir franchi pendant les premiers jours de février les banquises ouvertes, il fait route au S. par un temps remarquablement beau, et parvient sans difficulté jusqu'au 72° 24' latitude S. sous le méridien du 35°. C'était le 18 février ; le temps était très-doux, et l'on ne voyait pas à l'horizon un seul fragment de glace. — *No a particle of ice of*

any description was to be seen. (*Voir la relation du voyage de Wedel*). Le 20 février il atteint la latitude du 74° 15′ et le 33° 35′ longitude O.; la mer était belle, on ne voyait à l'horizon que quatre blocs de glace; une grande quantité d'oiseaux, des petrels et des pingoins s'abattaient autour du navire; les courants étaient peu violents et dirigés au N. E.; le vent ayant tourné au N. et la saison étant déjà très-avancée, il revint sur ses pas; son retour s'effectua sans difficulté, et il traversa une fois encore les nombreuses îles de glaces qu'il avait d'abord rencontrées dans les premiers jours de février.

Nous voyons paraître dans ces mers, en janvier 1839, le sloop *le Chanticleer*, sous les ordres du capitaine *Henry Foster*, chargé d'observations de physique dans ces hautes latitudes; il suit la terre de Palmer et les îles Orkney, puis après avoir pris possession de leurs immenses glaciers, il va mouiller dans l'île Déception, où il passe près de deux mois à faire les observations dont il était chargé. Les recherches du capitaine *Foster*, outre celles que nous indiquerons sur l'île Déception elle-même, et les South-Shetland, nous ont présenté ce fait très-important que la mer était dans ces parages entièrement libre dans le courant de mars, et qu'en janvier, lors de son arrivée, elle était couverte d'énormes montagnes de glace. Le capitaine Biscoë, arrivé aux îles Sandwich le 27 novembre 1830, suit les banquises de glaces qui le ramènent peu à peu vers le S. Arrivé au 9° de longitude O., il atteint le 68° 51′ de latitude

S., et se maintint dans le courant de janvier entre les parallèles 66 et 68 de latitude S., et parcourt ainsi 20 degrés longitude O. du 10° au 30°. Le 25 février 1831, il reconnaît une terre montagneuse dont l'approche est défendue par une barrière de glace impénétrable ; il la suit à 20 milles de distance environ sur une longueur de 150 milles, et lui donne le nom de terre d'Enderby. Dans sa seconde course dans les glaces, il rallie les nouvelles Shetland ; arrivé au 12° de longitude O., il peut se maintenir entre le 64° et le 66° de latitude S., il découvre le 15 février l'île Adélaïde, et reconnaît qu'elle n'est qu'une sentinelle avancée d'une grande terre qui s'étend au S. O., sur laquelle il débarque le 21, et à laquelle il donne le nom de terre de Graham ; le résultat de ce voyage extrêmement remarquable, fut la découverte des terres d'Enderby et de Graham que l'on nomme généralement aujourd'hui terre de Biscoë, et l'importante observation que la banquise, en janvier 1831, s'avançait jusqu'aux îles Sandwich, qu'elle y était impénétrable, puis qu'elle se rapprochait de plus en plus du S. jusqu'au 10° de longitude E., où elle se trouvait sous le parallèle du 68°, et que là elle se rattachait à la terre d'Enderby.

Baleny, en 1839, suit la banquise qui défend le continent antarctique à partir du 100° de longitude O. ; il découvre les îles qui portent son nom et pénètre sous le méridien du 170° longitude O. jusqu'à la latitude du 68° S. Baleny a longé la banquise et le continent antarctique, depuis le 100° longitude S. E.

jusqu'au 170° longitude O. Nous avons consulté aussi les travaux de Wilkes et John Ross, et nous reproduisons à la suite de notre chapitre une note publiée en 1843, sur le voyage de cet heureux navigateur, qui a eu la gloire de pénétrer sous les plus hautes latitudes où les nations civilisés aient porté leur pavillon.

Nous donnerons une exquisse rapide de ces travaux et de ceux qui ont été accomplis pendant les deux campagnes de l'*Astrolabe* et la *Zélée*, afin que le lecteur puisse connaître les faits sur lesquels nous appuierons nos opinions sur les importantes questions que soulève l'étude des glaciers.

Nous avons trouvé des notes très-précieuses dans les relations des voyages des Anglais et des autres peuples pour découvrir un passage au N. O. ; nous avons eu recours aux relations du troisième voyage de Barentz, 1594-1597 ; à celles du voyage de Hudson, 1607-1608 ; à celles de John Poole, 1610-1612; de Bafin, 1614-1615; de John Wood, 1675-1676; aux voyages de Tchischagoff, 1764-1766; du capitaine Phipps, 1773; de Cook, 1778; de John Ross, 1818; et spécialement aux journaux de Buchan et de James Ross, dans son voyage de 1818.

Nous n'avons trouvé dans ces relations que des observations éparses; mais aucun travail spécial sur les glaces polaires, excepté cependant dans l'ouvrage de W. Scoresby,— *An account of arctic regions*, et la note si remarquable que M. Martins a publiée sur les glaciers du Spitzberg.

Nous aurions désiré rapporter les observations que nous avons recueillies dans ces nombreux ouvrages; mais cet exposé nous aurait entraîné trop loin du cadre que nous nous sommes tracé; nous nous contenterons de faire les citations essentielles que l'on pourra vérifier dans les travaux originaux mais non pas dans les traductions que l'on possède dans les annales et les bibliothèques des voyages, et qui sont complétement nulles au point de vue des sciences physiques et naturelles.

La plupart des relations de voyage dans les mers polaires présentent, dès leurs premières pages, un dictionnaire des termes employés pour distinguer les principales variétés de formes que présentent les glaces de ces contrées. Notre langue ne possède qu'un très-petit nombre de mots pour désigner les nombreuses modifications que nous nous proposons d'étudier dans les glaces polaires, et on le comprendra facilement en se rappelant que les recherches au pôle furent presque toutes faites par des expéditions anglaises et par quelques baleiniers des diverses nations du Nord. Dans la relation historique de M. Dumont d'Urville nous ne trouvons que les mots îles de glace, champs de glace, banquises. Nous pensons que ces dénominations sont insuffisantes pour les développements que nous avons à présenter, et nous sommes dans la nécessité d'établir quelques mots que nous définirons, et qui pour la plupart seront la reproduction ou la traduction littérale des divers mots employés par les baleiniers; car nous croyons

qu'il est plus convenable d'emprunter un mot à une langue étrangère que d'en inventer un nouveau.

Le mot banquise, adopté par M. d'Urville, répond au *field of ice* des Anglais; il est employé par nos pêcheurs de morue pour désigner le bord des glaces compactes et immobiles. Toutefois il y a une différence à faire observer, c'est que généralement les navigateurs anglais ont appliqué le nom de *field of ice* à des champs immenses de glace continue dont l'élévation ne dépasse pas en général 1 à 2 mètres. On en a vu de cent milles de longueur sur une largeur de plus de quarante milles.

Ces barrières impénétrables sont généralement plus élevées dans les mers du Sud que dans les mers du Nord : nous en verrons la cause. Les banquises, qui ont les caractères du champ de glace des Anglais, ont sous le cercle antarctique une élévation moyenne de 2 à 3 mètres, notablement plus considérable que celle du *field of ice*.

Mais on rencontre dans ces parages, et spécialement dans le voisinage des terres, des banquises qui présentent des caractères différents de celles-ci, et atteignent à des hauteurs énormes de 30 à 50 mètres et souvent au delà. Celles-ci paraissent se former dans les sinuosités des terres et sur leurs contours.

Une accumulation de grandes glaces flottantes, dont les diverses parties sont assez éloignées les unes des autres pour donner passage à un navire, sont dites *glaces ouvertes*, *open ice*, *sailing ice*.

Les mots *îles de glace*, *îlots de glace* désignent des masses isolées d'une grande étendue.

Les mots *glaces flottantes* indiquent ordinairement des glaces mobiles du volume d'un navire, *drift ice* des baleiniers anglais; dans notre travail nous l'avons pris dans sa plus grande acception.

Nous donnons le nom de glaçons aux débris de glace, *brash ice*, et aux glaces de petite dimension, quelle que soit leur forme.

Le mot *champ de glace*, que nous emploierons quelquefois, n'est pas pour nous synonyme du mot banquise; les champs de glace, *field of ice*, indiqueront de grandes plaines de glace parfaitement unies de 1 à 3 mètres d'élévation.

Les expressions montagnes de glace, colonnes, monuments, correspondent généralement au mot anglais *hummook*. Ce sont des saillies irrégulières souvent d'une hauteur prodigieuse.

Le mot *calf* indique un bassin de glace qui se serait formé par la soudure de deux grands plateaux de glace dont les bords plongeant dans la mer se seraient attachés sous les eaux; ordinairement un des deux plateaux est appuyé sur les terres ou sur une île de glace.

Scoresby fait observer qu'il y a un très grand danger à franchir ces bassins, attendu que les parties qui les forment tendent à se mettre de niveau à la surface de la mer.

Lorsque les courants entraînent des champs de glace désagrégés, et dont les parties presque conti-

guës ne dépassent pas 50 à 60 mètres, l'ensemble de ces débris se nomme *pack.*

Sous le rapport de leur épaisseur et du temps présumé de leur formation, les glaces sont dites jeunes, *young ice*, et plus souvent *bay ice.* Le mot *bay ice* est employé aussi pour des plateaux peu étendus de 0m,60 à 1m d'élévation.

Nous nous servirons du mot *pancake ice*, ou simplement *pancake*, pour désigner des fragments arrondis et d'un petit volume. Les glaces anciennes sont généralement d'une grande épaisseur et présentent plusieurs séries de strates distinctes entre elles; elles résultent de l'accumulation des neiges et de leur congélation pendant une longue suite d'hivers.

Les mots *radeaux de glace*, *langue*, *détroit de glace* n'ont pas besoin de définition.

Les glaces qui se détachent des côtes sont nommées par les Anglais *land ice;* on les distingue à leurs formes bizarres, aux terres, aux débris de roches qu'elles entraînent avec elles, et à quelques autres caractères dont nous parlerons plus tard.

On distingue généralement au simple aspect les glaces d'eau de mer et les glaces d'eau douce. Les premières sont poreuses, opaques, blanches; dans l'air, elles transmettent la lumière avec des teintes bleuâtres ou verdâtres; dans l'eau, elles paraissent noires; fondues, elles donnent tantôt de l'eau douce, tantôt de l'eau salée ou saumâtre, généralement de très-mauvais goût. Si cependant on choisit une glace

très-élevée, très-compacte, on peut obtenir de l'eau potable. La glace formée dans la mer peut donner de l'eau très-douce lorsqu'elle a été pendant longtemps soumise aux influences atmosphériques : les gels et les dégels successifs éliminent la petite quantité de sel qui se trouve fixée dans la glace.

Les glaces qui proviennent des glaciers des côtes donnent de l'eau parfaitement douce, elles présentent quelquefois de belles couleurs vertes, et sont souvent si pures que Scoresby a pû tailler en lentilles des fragmens de glace et s'en servir pour allumer du feu, au grand étonnement de son équipage. La densité de cette glace est plus considérable que celle des glaçons qui se forment ordinairement à la mer; on l'estime à 0,93; elle est environ d'un dixième plus légère que l'eau de mer, dont la densité varie entre 1,026 et 1,027. La glace d'eau douce présente ordinairement des bulles d'air, de petits espaces pyriformes, des lignes extrêmement fines, perpendiculaires à la surface des couches; elle est très-dure et très-fragile, les angles en sont nets et tranchants comme du verre. Les navigateurs anglais s'accordent à penser que les jeunes glaces, *bay ice*, qui font partie des *drift and packed ice*, sont formées d'eau salée, et que les champs de glace, les glaces très-épaisses et très-denses sont d'eau douce; elles ont très-souvent une cassure écailleuse, des arêtes coupantes et des pans conchoïdaux.

On s'est beaucoup occupé de la densité de la glace,

Scoresby a fait un très-grand nombre d'expériences pour obtenir son poids spécifique.

Voici les chiffres auxquels on peut avoir le plus de confiance. Pour un fragment de glace d'eau douce compacte, la densité varie de 0,90 à 0,92, l'eau distillée à son maximum de densité étant prise pour unité.

Les glaces qui se forment à la mer ont une densité extrêmement variable en rapport avec le mode de leur formation, de leur texture; on l'estime être de 0,84 à 0,90. Leur rapport de flottaison est par conséquent très-variable; on le fixe de à $\frac{1}{5}$ pour le maximum de densité et à $\frac{1}{7}$ pour le minimum. Dans le premier cas, une glace de 9 mètres d'épaisseur ne s'élèverait que d'un mètre au-dessus du niveau de la mer ; dans le second, de 1m,28.

Quant à la densité de l'eau de mer, elle est de 1,0273 à 20°. Elle se congèle à 2°,55 en l'agitant légèrement : ce chiffre est la moyenne de douze expériences. Le maximum de densité de l'eau est, d'après les expériences de M. Desprets, à 3°,67.

M. Darondeau, ingénieur hydrographe de la marine, a fait de nombreuses expériences sur la densité de l'eau de mer; il résulte de l'ensemble de ses observations que l'eau augmente de densité à une grande profondeur, et cela en tenant compte de la diminution de la température.

L'étude des températures de la mer, qui serait si importante pour l'histoire des glaciers des régions polaires, n'est malheureusement pas assez avancée. C'est à peine si nous avons un nombre d'observations

suffisant pour établir la position géographique de ces courants, de ces fleuves pélagiens qui, semblables aux vents, tendent à établir l'équilibre dans les températures de la mer, comme les vents dans l'atmosphère. La connaissance exacte de la disposition de ces vastes courants, qui portent aux pôles les ondes attiédies des tropiques et vers l'équateur les eaux refroidies des pôles, les glaces flottantes et les débris des glaciers arrachés des falaises ; la connaissance de leurs variations dans les diverses saisons de l'année jetterait un grand jour sur les migrations continues ou périodiques des glaces, des bois flottés et des débris d'animaux, et donnerait la solution d'un grand nombre de problèmes intéressants sur la formation des dépôts marins. L'étude de la distribution des êtres organisés, à peine ébauchée, en recevrait un puissant secours, et c'est à elle que la paléontologie devra s'adresser pour expliquer la composition et la distribution des faunes marines fossiles.

La température de la mer varie suivant la latitude, elle décroît assez régulièrement du pôle à l'équateur ; elle décroît ensuite à partir de sa superficie jusqu'à une certaine profondeur où la température semble stationnaire. Quelques expériences tendraient à prouver que dans de certaines circonstances cette température augmente à de très-grandes profondeurs.

La température de la mer présente des variations horaires. Ces variations sont semblables à celles de l'atmosphère et correspondent à peu près aux mêmes

heures ; les températures maximum et minimum sont aux mêmes heures que les températures maximum et minimum de l'atmosphère, savoir : le minimum au moment du lever du soleil et le maximum à deux heures après midi, un peu plus tard en été, un peu plus tôt en hiver. Ces températures présentent toutefois moins de variations sur la mer que sur la terre, et surtout dans les lieux où il règne des vents constants. Les variations de température de la mer sont infiniment moins considérables que celles de l'atmosphère dans un même lieu ; ainsi si les variations de température dans l'atmosphère atteignent des différences de 10° à 25°, la température de la mer ne présente que 2° à 3° de différence.

Les variations mensuelles sont en rapport avec les variations des saisons dans chaque climat. Nous disons dans chaque climat, parce que dans les diverses parties du monde, non-seulement les saisons ne correspondent point exactement aux divisions astronomiques, mais encore présentent des exceptions, des variations constantes en rapport soit avec la disposition des courants, soit avec la direction des vents ; la température mensuelle présente, par conséquent, un grand nombre de variations ; on n'a pas malheureusement un assez grand nombre d'observations pour les déterminer. En comparant un grand nombre de tableaux météorologiques dressés dans les voyages au pôle nord et au pôle sud, on trouve que les mois les plus chauds ne sont pas juin et janvier comme on l'avait imaginé, mais que les

mois les plus doux dans les régions polaires, sont juillet et février.

Dans l'hémisphère austral, le maximum de froid a lieu vers le 15 ou le 20 juillet et le maximum de chaleur dans les quinze premiers jours de février; c'est par conséquent dans les premiers jours de février que l'on doit s'attendre à avoir le temps le plus favorable pour explorer les glaces australes; de même que c'est en juillet que le temps est le plus favorable pour pénétrer vers le pôle nord.

Pour les températures de la mer à différentes profondeurs, nous n'avons jusqu'à ce jour que des données très-imparfaites.

Forster est un des premiers voyageurs qui aient fait des expériences de température sous-marine pendant son voyage de 1772 et 1773. Le capitaine Phipps et son compagnon le docteur Irving en firent en 1773 dans leur voyage au nord, mais elles ne présentent pas de garanties suffisantes.

Perron, dans son voyage de circumnavigation, s'occupa de cette question avec beaucoup d'ardeur et conclut, après un petit nombre d'expériences, que la température décroissait rapidement à une grande profondeur et que le fond des mers était un immense glacier; il n'avait pas pensé que la glace étant plus légère que l'eau serait nécessairement amenée à la surface.

Le capitaine Kotzebue, en 1815, 1816 et 1817, se livra à ces expériences avec des thermomètres à maximum et à minimum.

Après lui, Scoresby, dans le cours de ses campagnes aux pôles, fit entre ces nombreux travaux de météorologie quelques expériences de température sous-marine, et jeta sa sonde à des profondeurs de 820 à 850 brasses, il confirma le fait annoncé par Phipps, que les eaux de la mer avaient quelquefois, à une grande profondeur, une température supérieure de 3 à 4° à la température des eaux à la surface.

Parry, dans ses voyages au pôle nord, le capitaine Buchan sur le *Dorothea* et le *Trent*, firent des expériences de température sous-marine qui confirmèrent celles de Scoresby.

Les sondes faites dans les mers tropicales et tempérées démontrèrent que la température diminuait à mesure que l'on pénétrait dans les couches les plus profondes, mais que cette température ne dépassait pas en minimum +2 à +3°. On doit un grand nombre d'expériences à M. Dumont d'Urville, qui consacra toute sa noble carrière aux études des sciences physiques et naturelles; il démontra le premier que dans la Méditerranée la température des couches inférieures n'était jamais au-dessous de 13°, et que de la surface jusqu'à une profondeur de 200 brasses, chaque couche avait une température qui se rapprochait de plus en plus de celle de la surface. Les expériences faites pendant le voyage au pôle sud à de grandes profondeurs, présentent peu de certitude, et doivent être abandonnées; celles qui ont été faites pendant le voyage au pôle nord présentent toutes les garanties de précision, elles ont

établi que la température diminuait assez régulièrement dans les couches inférieures.

Aujourd'hui, il est reconnu que dans toutes les mers la température décroît de la surface au fond ; mais il y a dans ce phénomène un grand nombre de variations peu connues qui sont en rapport avec les dispositions des courants, et qui pourront peut-être nous éclairer un jour sur leur direction et sur leur variation. L'étude des températures sous-marines est donc sous tous les rapports d'une très-grande importance et mérite d'être poursuivie, quelque répugnance qu'aient pour ces expériences les officiers qui tiennent à ménager leurs équipages.

Nous finirons cet article sur la température de la mer, en faisant remarquer qu'en vertu de la densité de l'eau de mer, les couches supérieures qui se refroidissent gagnant les parties inférieures, celles qui s'échauffent restent à la partie supérieure ; cette disposition physique est éminemment propre à donner aux couches supérieures une température moyenne élevée et constante, qui explique l'influence de la mer sur les climats insulaires et littoraux.

Campagnes de l'Astrolabe et de la Zélée au pôle Sud. —En retraçant ici le sillage de l'*Astrolabe* et de la *Zélée* dans les mers polaires, nous n'avons point l'intention de donner une relation détaillée de ces deux glorieuses tentatives, mais d'indiquer seulement les observations géologiques que nous avons recueillies pendant les deux campagnes sur les îles que nous avons rencontrées, et d'autre part d'appeler l'atten-

tion sur les faits qui serviront de bases aux considérations générales que nous exposerons dans le chapitre suivant.

Le 9 janvier 1838 les deux corvettes quittèrent le détroit de Magellan, et, cinglant au sud, se disposèrent à affronter pour la première fois les glaces antarctiques; le but de l'expédition était de suivre d'aussi près que possible les traces de Wedel et de parvenir aux plus hautes latitudes. Nous longeâmes d'abord toute la côte S. O. de la terre de Feu, qui nous présente ici les derniers lambeaux des terrains tertiaires patagoniens. En avançant vers le S. le pays change d'aspect; aux steppes succèdent des terrains ondulés, et bientôt au S. nous retrouvons l'aspect sauvage et pittoresque de la partie moyenne du détroit.

En doublant le cap Horn, on reconnaît l'exactitude des descriptions de Cook lorsqu'il peint l'aspect tourmenté de ces montagnes; elles sont formées de chistes argileux de couleur et de dureté variables au milieu desquelles on voit surgir des pics de diorite. Elles ont sans doute été soulevées par l'intrusion des roches plutoniennes.

Le 12, nous disions adieu aux pics neigeux de l'extrémité du nouveau continent pour aller explorer les glaces éternelles d'un monde inconnu.

Le 15, la vigie annonça des écueils à l'avant du bâtiment, ce n'étaient que des fragments de glace de quelques mètres d'épaisseur ; ces glaces, nommées *blincke ice* par les pêcheurs du Nord, avaient une couleur bleuâtre assez remarquable. Bientôt notre

attention fut fixée par un bloc immense que nous aperçûmes à quelques milles ; il semblait une grande ombre vaporeuse qui marchait vers nous sur les flots ; quelques heures après nous passions à deux encablures de cette île de glace. M. Dumoulin trouva qu'elle avait 190 mètres de longueur sur 150 de largeur ; elle était surmontée de deux espèces de montagnes de glace : l'une au N., de 40 mètres de hauteur ; celle du S., de 30 mètres environ. La mer déferlait avec fureur sur ce rempart aux deux tours, et à le voir s'incliner vers la lame qui minait ses flancs, il était facile de prévoir sa destruction.

Les parois de cette masse glacée étaient perpendiculaires ; on apercevait distinctement sur ses flancs un grand fragment de roche qu'elle avait arraché à la falaise dont elle s'était détachée.

Nous étions alors par le 62° 3′ latitude S. et 49° 56′ longitude O. La température [1] de l'air était à 1°, les eaux superficielles à 2° ; les eaux de la mer, à 200 brasses, avaient donné au thermométrographe la température de 0,5′.

Le 19, les glaces deviennent de plus en plus nombreuses ; c'est une diversion à la monotonie de l'Océan. Nous passons la journée sur le pont à contempler un spectacle si nouveau pour nous. Nous remarquons que ces blocs ont en général des formes géométriques ; que leurs pans sont coupés nettement, verticalement ; qu'ils ressemblent souvent à d'im-

[1] Les températures sont prises positivement lorsqu'elles ne sont précédées d'aucun signe.

menses parallélipipèdes. Parmi les blocs d'un volume ordinaire, on est frappé de la variété des formes; ce sont des plateaux avec des bords relevés comme des murs crénelés; des récifs aux formes les plus bizarres; quelquefois des colonnes, des pyramides, des arcs de triomphe qui tombent en ruines; des voûtes à demi formées, des aiguilles, des tours ou des clochers gothiques qui s'élancent vers le ciel; débris imposants d'un monde si nouveau pour nous, elles changent à chaque instant de forme et de lumière, suivant les caprices de ce ciel brumeux.

Le 21, nous rencontrâmes une île de glace d'une bien plus grande étendue que celles que nous avions vues jusqu'alors; elle n'avait pas moins de 200 mètres d'étendue sur 66 mètres de hauteur; elle se présentait comme une immense barrière. Ses parois, taillées à pic, étaient sillonnées par les eaux qui provenaient de la fonte de la neige qui forme sa partie supérieure. Nous étions entourés de pétrels aux blanches ailes, de pingoins qui, en poussant leurs cris sauvages, luttaient avec la lame qui les chassait des interstices de glace dans lesquels ils se cramponnaient; nous voyions aussi les jets de nombreuses baleines; toutes appartenaient à l'espèce dite *fin back*, peu recherchée des pêcheurs. Le temps était superbe, la température fort douce; nous applaudissions à la narration de Wedel, et chacun à bord espérait que nos navires atteindraient au moins le 80° de lat. S.; tant les glaces semblaient peu nombreuses et d'un petit volume.

Le 22 au matin, toutes ces belles espérances furent anéanties, une banquise infranchissable nous défendait tout progrès au S., et nous étions cependant sur la route de Wedel, et nous n'avions atteint que la latitude S. 63° 40'.

Le crépuscule des nuits polaires faisait place au jour, lorsque nous aperçûmes cette immense plage glacée; elle fit sur tous une impression douloureuse, c'était le tombeau de nos espérances. La nouveauté du tableau excitait notre attention, mais c'était une sombre tristesse que faisait naître l'examen de cet empire de la mort. Pas une trace de végétation, rien qu'un linceul de glace et de neige; les seuls êtres qui hantaient ces tristes solitudes étaient des oiseaux de proie dont les cris sauvages retentissaient autour de nous.

Le commandant donna l'ordre de suivre la banquise en mettant le cap au N.; mais la brise tomba, et nous laissa le temps d'étudier en détail la conformation de la banquise. C'était un immense champ de glace, dont la hauteur moyenne était de 4 mètres environ; ses bords étaient taillés à pic, et présentaient toutes les formes possibles. souvent c'était un mur vertical parfaitement uni, sur une étendue de 50, 60 ou 100 mètres, d'autres fois des criques, des baies, des pointes avancées vers la mer; dans quelques lieux les glaces semblaient ouvertes, c'est-à-dire les différents blocs étaient séparés par des canaux dans lesquels on aurait pu s'avancer avec une embarcation; mais ces passes se refermaient

bientôt, et la plage glacée formait un tout continu.

Nous pûmes, en débarquant sur les glaces, observer leur structure ; elles étaient formées par plusieurs couches de neige converties en névé, quelquefois en glace compacte ; ce névé formait des lits stratifiés que l'on pouvait distinguer facilement par leur couleur plus ou moins bleuâtre, couleur qui tenait simplement aux différences de réfraction causées par l'épaisseur et la densité variable de ces strates. La couche supérieure présentait de la neige plus ou moins dure, suivant la disposition des blocs par rapport au soleil ; on y voyait de nombreuses taches que l'on aurait pu prendre de loin pour des débris de terre, et qui n'étaient formées que par l'accumulation des fientes des oiseaux. La mer venait frapper ces lits de glace et s'y creusait des canaux, des cavernes ; il arrivait alors que la glace perdant de son volume au niveau de la lame, penchait du côté de la mer, et toutes les strates offraient ainsi une inclinaison qui était remarquablement semblable dans les différents points que nous avons parcourus.

La brise s'étant relevée le lendemain, nous suivîmes la banquise ; elle nous parut ouverte un instant, nous y pénétrâmes avec courage, et après avoir fait 5 ou 6 milles à travers une immense quantité de blocs de glaces à demi fondues, nous retrouvâmes encore la banquise aussi impénétrable que jamais ; nous fûmes obligés de revenir sur nos pas et de porter à l'O. N. O. pour doubler la ban-

quise par le N. Mais bientôt nous rencontrons une seconde banquise à l'O., qui nous barre tout passage; c'est en vain qu'on essaye de la doubler, elle s'étend à une grande distance, le commandant engage les deux navires entre les deux banquises, et après quelques heures d'une navigation pénible et dangereuse, nous retrouvons une mer plus dégagée; quelques instants plus tard on distinguait à travers les brumes, les pics noirâtres des îles Orkney. Une observation extrêmement remarquable que nous eûmes l'occasion de faire, c'est qu'en nous approchant des îles Orkney, nous rencontrâmes des blocs de plus en plus volumineux; ceux qui entouraient la banquise plus au S. étaient généralement du volume de nos corvettes et formaient des groupes assez nombreux, séparés par des espaces dans lesquels nos navires pouvaient facilement pénétrer.

Le 28 janvier, près des îles Orkney (Powell), nous rencontrâmes des blocs énormes, les plus considérables que nous ayons vus dans cette campagne, j'en citerai deux ou trois; l'un d'eux ressemblait à une cathédrale gothique; il avait près de 76 mètres de hauteur; un autre, de 40 mètres de hauteur avait 300 mètres de diamètre; il était évidé à l'intérieur et formait un amphithéâtre immense. Nous en rencontrâmes, quelques instants après, deux autres qui paraissaient avoir 250 mètres de longueur et 60 mètres d'élévation [1].

[1] V. Histoire du voyage, vol. II, p. 65. — V. pl. XV, Atlas pittoresque.

Nous allions débarquer sur ces îles glacées, lorsque nous fûmes surpris par une série de coups de vent, qui, pendant plusieurs jours, ne nous laissèrent pas un instant de repos; nous fûmes obligés de nous tenir au large. Rien n'est plus triste, plus affreux que ces îles couvertes d'immenses glaciers se terminant par des pics aigus et noirâtres, à parois presque verticales, et sur lesquelles la neige se fixait à peine en formant des taches irrégulières. Les glaciers descendaient vers la mer en pentes plus ou moins rapides, et offraient presque partout à leur partie inférieure des murs verticaux qui plongeaient dans la mer. La plupart étaient creusés au niveau des eaux en voûtes régulières que leur forme faisait prendre pour des ouvrages faits de main d'homme.

Ces îles étaient entourées d'un très-grand nombre de blocs échoués sur la plage; ils étaient battus par les lames; et lorsque plus tard ils étaient brisés, ils flottaient au large en présentant les formes les plus bizarres.

Nous passâmes plusieurs jours en vue des îles Orkney, et nous pûmes observer les modifications que la tempête qui nous avait assaillis avait fait éprouver aux glaces flottantes. Elles s'avançaient très-lentement sous l'effort du vent, et nous avons lieu de croire que les courants ont pour leur déplacement plus d'influence que les vents. Quelques heures de dégel suffisent quelquefois pour changer la physionomie de la banquise; les blocs se séparent, se brisent souvent avec un bruit semblable à celui du

canon, et tombant avec fracas dans la mer, engloutissent tout ce qui les entoure dans les énormes oscillations qu'ils impriment autour d'eux. Il est extrêmement dangereux de s'amarrer à des blocs de glace dans les jours de dégel ; les annales des pêcheurs du Nord nous offrent plusieurs exemples de naufrages, d'accidents graves, occasionnés par la désagrégation des grands blocs de glace.

Le 3 février, nous sommes favorisés par une brise de N. E., et nous courons rapidement au S. ; nous nous retrouvons bientôt sur les traces de Wedel ; les glaces étaient peu nombreuses, l'espoir s'était ranimé dans tous les cœurs, lorsque le fatal cri banquise vint nous replonger dans la stupeur ; toutefois nous pouvions espérer qu'après avoir franchi une première barrière nous retrouverions plus loin la mer libre, et nous nous préparâmes à profiter de la première passe qui nous permettrait de pénétrer dans ce rempart de glace. Elle ne tarda pas à se présenter, et le 4, à midi, nos corvettes s'engagèrent dans ces défilés ; une scie avait été ajustée à l'étrave de la corvette ; elle nous aida à nous frayer une route. Mais au bout d'une heure les secousses multipliées qu'elle éprouvait arrachèrent les clous, et un nouveau choc la jeta sur les glaces. A deux heures et demie nous fûmes assaillis par un grain de neige tel, qu'il nous était impossible de voir devant nous à une distance de plus d'un mille. L'ordre fut donné de mouiller ; nous nous trouvions alors dans un petit bassin. L'*Astrolabe* fut amarrée entre deux blocs, et nous pas-

sâmes la nuit dans ce port si nouveau pour nos équipages. Le lendemain le vent ayant tourné à l'O. N. O., les glaces en dérivant dans cette direction nous fermèrent tout passage, et nous nous trouvâmes prisonniers derrière une bande de glace de 1 à 2 milles de largeur. Notre position était difficile ; renfermés dans un bassin étroit, au milieu de grands blocs de glace, nous pouvions être brisés par ces masses énormes, ou être obligés d'hiverner dans cette affreuse banquise, et qui sait les maux que nous aurions eus à subir par le froid, les maladies, par une mauvaise alimentation ; le scorbut eût sans doute exercé parmi nous les plus affreux ravages [1].

Pendant trois jours, nos équipages firent les efforts les plus courageux, pour tenter un passage à travers la banquise au moyen de pioches, d'espars, de grelins, du cabestan, mais le vent et la mer étaient contre nous, tous nos efforts étaient inutiles ; c'était en vain que nous luttions ; nous vîmes bientôt que toutes nos espérances étaient dans les vents du S., qu'eux seuls, en poussant les glaces au N., en les disjoignant et en donnant à nos corvettes une vigoureuse impulsion, pourraient nous délivrer ; nos efforts furent dès lors employés à éloigner les glaçons qui menaçaient de briser nos bâtiments, et ce fut pour les équipages un travail difficile et fatigant. On entendait au loin les lames du large briser sur la

[1] Voir les planches XVIII, XIX, XX, XXI, XXII, XXIII de l'Atlas pittoresque, et la carte hydrographique de M. Dumoulin, Atlas hydrographique.

banquise, la plage glacée se soulevait menaçante autour de nous, la mer s'échappait en jets impétueux entre ces champs de glace; les cris des matelots mêlés aux cris rauques des oiseaux, seuls habitants de ces plaines glacées, le sifflement du vent dans les cordages, les mugissements de la mer furieuse, le bruit des masses de glace qui s'entrechoquaient, étaient les mille voix de ce drame terrible, dans lequel nos deux navires luttaient contre les éléments conjurés; la mort était partout, sur nos navires que les étreintes des glaces pouvaient engloutir, sur cette plage où elle nous entourait lente, affreuse, inévitable ; nos bras eussent-ils ouvert un canal à nos corvettes, la tempête jalouse qui soulevait et brisait contre la banquise les blocs qui s'en détachaient, lui eût rendu sa proie en nous brisant avec eux. Les vents du S. pouvaient seuls nous sauver, ils vinrent enfin après six jours d'attente; nos équipages, pleins d'espérance et de joie, firent de vigoureux efforts pour dégager nos corvettes. L'*Astrolabe* et la *Zélée*, couvertes de voiles, purent enfin se frayer un chemin au travers des glaces, et s'élancer de nouveau sur la plaine liquide.

Les champs de glace qui nous avaient tenus prisonniers avaient en général de 5 à 10 mètres d'épaisseur, et leur étendue était extrêmement variable; leur hauteur au-dessus de l'eau était à peu près constante, excepté sur les bords des grands plateaux où l'on retrouvait des hummocks. Çà et là au-dessus du niveau de la plaine glacée, s'élevaient encore des

masses isolées d'une hauteur de 20 à 25 mètres, que nos officiers appelaient des glaces paquetées. Dans les points où la banquise était exposée à la mer, quelques bancs étaient fortement inclinés, comme si deux plateaux de glaces en se heurtant avec violence se fussent soulevés et fixés l'un sur l'autre.

Les glaces étaient recouvertes d'une couche de neige fort épaisse à moitié réduite en névé par la pluie qui succédait aux avalanches de neige. La température avait été de 1 à 2 degrés au-dessous de zéro pendant les quatre jours que nous passâmes dans les glaces; les vents avaient soufflé très-frais du N. N. O. et du N. E. — Le 9 février, jour de notre délivrance, la température tomba à —3°; les vents de sud soufflaient grand frais, le froid était extrêmement vif; cette dernière observation ne tendrait pas à confirmer l'opinion de Wedel, qui pense qu'au delà de cette dernière barrière de glace on trouve une mer toujours libre et qui permettrait de pénétrer jusqu'au pôle.

Nous venions d'explorer un des points où le navire de Wedel avait pu se frayer sans obstacle une route au retour de sa campagne vers le sud, et nous avions trouvé une banquise infranchissable contre laquelle s'étaient brisés tous nos efforts; cependant le commandant ne crut pas sa mission accomplie; il voulut suivre à l'ouest cette banquise jusqu'au point où Wedel avait franchi une ligne de glaces flottantes pour pénétrer jusqu'à la latitude de 74° 15'. Nous côtoyâmes donc la banquise, qui s'étendait E. O. du 40°

au 33e degré long. O., où nous fûmes arrêtés de nouveau par une barrière impénétrable, et qui, s'étendant nord et sud à plusieurs milles, semblait se rattacher aux Sandwich. Il aurait été imprudent de renouveler ici les tentatives qui avaient été si inutiles et qui avaient failli nous être si funestes sous le 40e degré long. O. Nous virâmes, et mettant le cap au nord-est, nous nous disposâmes à rallier les îles South-Orkney.

En suivant plusieurs jours cette côte de glaces, nous avons pu nous assurer de l'exactitude d'une observation qui nous paraît être de la plus haute importance : c'est que les barrières de glaces forment souvent des lignes concentriques entre elles. Ainsi, avant d'atteindre une banquise de glaces compactes, on rencontre à cinq ou six milles et plus, une ligne de glaces bleuâtres à demi fondues, puis une seconde ligne composée de blocs plus volumineux des formes les plus bizarres et les plus irrégulières, entre lesquels les navires peuvent aisément se frayer un passage. Vient ensuite une troisième ligne plus serrée, et enfin, à une petite distauce, la barrière compacte, composée de champs de glaces flanqués de gros blocs, et dans lesquels il est impossible de pénétrer.

Ce sont pour ainsi dire des lignes de défense formées par des masses de plus en plus volumineuses, de plus en plus compactes, qui semblent nous défendre de visiter l'empire inconnu des glaces antarctiques. Comment expliquer cette disposition des débris de la banquise en remparts concentriques?

Quelle puissance a placé ici des glaçons, plus loin des blocs volumineux, à une distance plus grande une barrière impénétrable?

Nous espérons jeter quelque lumière sur ces questions, lorsque nous étudierons la formation des banquises.

Notre navigation, du 33e degré de long. O. aux îles South-Orkney, ne présenta rien de remarquable; nous rencontrâmes fréquemment de grandes îles de glace; une seule, par ses proportions gigantesques, mérite de nous occuper; ses dimensions étaient telles, qu'un instant on crut que c'était une terre; un rayon de soleil nous détrompa. Cette glace avait, d'après les relèvements de M. Dumoulin, une longueur de plus de 11 milles géographiques (27,783 mètres environ), sur 36 mètres de hauteur; ses flancs formaient une falaise verticale; la partie supérieure était parfaitement horizontale, et couverte d'une couche de neige d'une éblouissante blancheur; auprès d'elle on distinguait deux autres masses de 2 à 3,000 mètres de longueur et de même élévation, qui sans doute avaient fait partie des colosses qu'elles accompagnaient.

En approchant des îles South-Orkney, nous pûmes reconnaître quelques-uns des grands blocs de glace que nous avions observés pendant les trois jours que nous avions passés précédemment dans ces parages. Il était évident que le dégel avait fortement agi sur ces masses; elles étaient moins nombreuses, et les îles étaient beaucoup plus dégagées; les détroits

de Washington et de Leethwaite, que nous avions vus remplis de glaces, étaient presque entièrement libres; il fut évident pour tous que le dégel était plus avancé à la fin de février que dans le mois de janvier.

Nous remarquâmes combien était vraie cette assertion de Cook, que c'était près des îles ou des continents que l'on rencontrait les plus grandes masses de glaces; toutefois, nous croyons devoir faire observer ici que les îles de glace que l'on trouve sur les côtes, ne présentent pas ordinairement la même forme que celles qui composent les banquises; elles sont plus irrégulières, ont un aspect plus bizarre et n'offrent aucune ressemblance avec les premières pour la hauteur et la structure. On comprend en effet que les blocs qui se détachent des glaciers dont les parois perpendiculaires viennent plonger dans la mer, ne doivent pas donner de débris semblables à ceux des champs de glace que de nombreuses et puissantes chutes de neige forment pendant une longue série d'hivers.

Le 20, par un temps assez doux, les deux corvettes mirent en panne et envoyèrent leur canot major sur l'île Saddle : mais il fut impossible d'aborder, la houle déferlait avec une telle violence sur les falaises de glaces de cette île, que nous fûmes obligés de chercher plus loin un point plus accessible; à un demi-mille, nous trouvâmes un îlot qui formait une espèce de petite baie, dont l'entrée, à demi fermée par de grandes glaces, offrait un port sûr et un dé-

barquement facile. (Voir la pl. XXVI, Atlas pittoresque.)

Ces terres ont un aspect extrêmement tourmenté; les petits îlots qui entourent l'île Laurie, sont des pics couverts de neige et de forme presque volcanique.

Au milieu des îles s'élèvent aussi des montagnes d'une très-grande hauteur, et nous nous attendions à trouver un sol volcanique; il n'en fut pas ainsi, et les échantillons que nous pûmes recueillir sur les roches dont les glaces s'étaient détachées, ne nous montrèrent qu'un calcaire blanc-grisâtre et des schistes phylladiques, dont la direction était du N. N. O. au S. S. E., et dont l'inclinaison dépassait 60°. Ces roches étaient désagrégées et présentaient des éboulements considérables, conséquence nécessaire du dégel et des chutes de glaces si fréquentes sur des falaises si abruptes; on trouva dans quelques points un peu de terre végétale et un assez grand nombre de lichens. Les matelots y firent une énorme provision de pingoins, de pétrels, de chionis ou pigeons des glaces. Nous avons appris à notre retour qu'il avait été a porté au Musée d'histoire naturelle d'Édimbourg quelques échantillons recueillis sur ces îles par des baleiniers, et que ces roches appartenaient à des espèces volcaniques; nous avons vainement essayé d'obtenir des renseignements sur ce fait intéressant.

Nous devons renoncer à connaître jamais la disposition géologique de ces terres; cachées par un manteau éternel de glaces et de neige, il sera impos-

sible d'avoir jamais des notions un peu exactes sur la nature de leur formation. Quelques échantillons recueillis sur une falaise éboulée ne peuvent suffire à l'étude.

Nous reprîmes notre route avec une faible brise vers les îles New-South-Orkney ; la brise mollit et permit de faire des expériences de température sous-marines ; on rencontra le fond à 246 brasses, il était d'un sable vaseux ; à cette profondeur la température était de 1°, tandis que celle de la surface était de 0°,5 ; le 24 au soir, nous pûmes apercevoir à travers la brume les pics noirâtres de l'île Clarence ; et nous rencontrâmes de nouveau de grandes nappes de glace. En passant au sud de cette île et de l'île Éléphant, nous vîmes ces terres élevées, couronnées de pics d'une très-grande hauteur, et dont la couleur noirâtre se détache vivement sur le linceul de glaces qui les recouvre entièrement [1].

Nous reconnaissons successivement les îles Gibbs, Aspland et Obrien ; ces îles, d'une très-petite étendue, sont fort élevées ; la forme d'Aspland rappelle exactement un volcan. Plus au S., nous rencontrons le lendemain le petit volcan Bridgeman ; d'épaisses colonnes de fumée s'élevaient de son sein et appelèrent l'attention du commandant qui, toujours plein de zèle pour enrichir la science de quelque observation, voulut bien nous donner une embarcation pour visiter cet îlot. La mer déferlait avec tant de fureur contre la base du volcan, qu'il nous fut

[1] Voir l'Atlas historique.

impossible de trouver un seul point où une tentative de débarquement pût être exécutée sans risque d'être brisés contre les rochers ; nous fûmes donc obligés de faire nos observations à distance, pénible et infructueuse investigation.

L'île Bridgeman (pl. 1re de l'Atlas géologique) a la forme d'un pic arrondi ; sa hauteur est d'environ 160 mètres, sa largeur, dans son plus grand diamètre du N. au S., a un peu plus d'un mille ; sa couleur rougeâtre a la plus grande ressemblance avec celle de la brique brûlée ; sur ses scories rougeâtres, on distinguait de petites masses noirâtres qui nous paraissaient être des débris de laves ; c'est plutôt un immense monceau de cendres, de rapilli, de débris volcaniques qu'un véritable volcan ; il n'a pas de cratère, et présente partout une forme arrondie ; on distingue facilement quelques coulées de lave qui se montrent en relief à travers les débris et plongent dans la mer. Les fumerolles existent seulement sur la face O. de l'île, et là, la roche avait la couleur rougeâtre de laves attaquées par des vapeurs sulfureuses ; ces vapeurs, que nous sentîmes lorsque nous passâmes sous le vent, avaient une odeur piquante insupportable ; la partie S. E. du volcan présentait des éboulements très-considérables ; nous avons essayé d'en retracer la coupe dans le dessin figuré dans l'Atlas.

L'escarpement formé par ces éboulements avait presque 100 mètres de hauteur ; on y distinguait au milieu d'amas de tufs rougeâtres, plusieurs lits noirâtres formés par des coulées de lave. Ces coulées n'a-

vaient pas toutes la même inclinaison, les plus inférieures semblaient former deux couches inclinées en sens inverse, comme si elles se fussent échappées d'une fente au milieu du volcan, ou mieux encore, comme si elles eussent été brisées au milieu, et que les deux moitiés se fussent inclinées vers la mer; on distinguait sur le toit formé par ces deux couches, plusieurs couches de laves brunes qui avaient conservé leur horizontalité; il serait très-difficile de connaître de quel côté était situé le cratère qui avait vomi tous ces débris; à voir les courants de lave s'incliner du N. O. au S. E., nous avons lieu de croire que le cratère se trouvait au S., et qu'après avoir vomi en grande quantité des laves et des cendres il a été englouti; l'éboulement immense qui a eu lieu vers le S., et le caractère meuble que paraissent avoir les diverses couches du volcan, autorisent cette explication.

Les révolutions que semblait avoir subies l'île, et qui nous étaient manifestées par la disposition des couches de lave et de scories, sont parfaitement confirmées en comparant l'état actuel du volcan avec celui qu'a dépeint Powell en décembre 1822. « C'est une île de 200 pieds de haut et d'environ 4 milles de circuit, avec un cratère d'où sort une fumée considérable. Le cratère est situé dans la partie de l'O. à 80 ou 90 pieds au-dessus de la surface des eaux. Tonte l'île a l'apparence de la brique brûlée, et sa pointe S. O. est basse et couverte de pingoins. »

Le rivage, du même côté, est encombré de blocs énormes, noirâtres, et qui semblent être des frag-

ments de coulées de lave brisées lors de l'affaissement du cratère. La disposition irrégulière des couches de lave indique qu'il y a eu de fréquentes perturbations dans les ouvertures volcaniques, comme cela arrive du reste, pour tous les volcans intermittents dont les produits en fusion se frayent à chaque éruption de nouveaux passages. Nous n'avons vu aucune trace de roches stratifiées.

Voici donc un volcan isolé, situé à une distance considérable de toute terre, à 10 lieues au moins de l'île King George, qui est la plus voisine, entourée partout de mers profondes ; est-ce un cratère de soulèvement, un cratère d'éruption ? Tout semble indiquer au moins des rapprochements bien étroits, avec les caractères que l'on assigne à ceux-ci. Nous regrettons vivement qu'on n'ait pas fait sonder le rivage autour de l'île ; des sondages attentifs auraient pu jeter quelque lumière sur cette question. Nous y reviendrons plus tard en donnant quelques détails sur l'île Déception.

Poussés par une brise molle, nous nous dirigeâmes au S. O. pour reconnaître les îles New-South-Shetland, et pour faire la géographie des terres vaguement indiquées dans les cartes de Laurie. Notre navigation fut difficile et dangereuse ; entourés d'îles de glaces de dimensions énormes, enveloppés d'une brume extrêmement épaisse, c'est à peine si l'on voit à une assez longue distance pour éviter l'abordage des glaces. Pour comble de contrariété nous essuyons au S. des îles South-Orkney une série de coups de

vent, de grains de neige qui fatiguent extrêmement les équipages et les officiers. Malgré tous ces obstacles, grâce à l'infatigable activité du chef de l'expédition, secondé par le zèle des officiers, 50 lieues de côtes, auxquelles on donne le nom de terre Louis-Philippe, sont découvertes, tracées, et avec elles un grand nombre d'îles et d'îlots.

Les îles New-South-Shetland forment une chaîne d'îles qui s'étendent parallèlement à la terre Louis-Philippe. Les terres, des deux côtés du canal qui les sépare, présentent le même aspect ; ce sont des terres élevées couvertes de glaciers énormes qui s'étendent du sommet des montagnes jusqu'à la mer, où elles se terminent par des falaises abruptes, perpendiculaires et inaccessibles.

Des pitons énormes s'élèvent sur ces terres, l'atmosphère brumeuse au milieu de laquelle on les voit surgir fait exagérer leur grandeur ; à l'estime on leur donnerait 2,000 mètres; des mesures exactes ont donné fréquemment 600 et 800 mètres; le mont d'Urville, le plus élevé de tous, a 900 mètres.

Les îles qui entourent ces côtes ont presque toutes la forme de pics coniques, elles ont généralement plus de largeur ; l'île Astrolabe, une des plus grandes que l'on ait reconnues et tracées sur les cartes, a tous les caractères d'un cratère éteint ; il suffit de jeter les yeux sur la carte dressée par M. Dumoulin pour en être persuadé ; on y reconnaît la forme de Déception qui est à quelques lieues au nord, et celle bien connue de Santorin. Nous regrettons vivement que le mau-

vais temps et la difficulté de débarquer nous aient présenté des obstacles invincibles, il eût été si intéressant de recueillir les produits de ce volcan à une distance si grande de tous ceux qui ont été étudiés jusqu'à ce jour. Le canal qui sépare les terres Louis-Philippe des îles South-Shetland n'est pas d'une très-grande profondeur ; dans une expérience de thermométrographie pratiquée au milieu de ce détroit, la ligne a trouvé le fond à 180 brasses ; il est de roches couvertes de graviers ; la température de 1°,7 à la surface, était de 0,2 au fond de la mer.

Le capitaine Forster, commandant le *Chanticleer*, reconnut en 1829 la terre de Trinity, descendit à la pointe Possession et vint mouiller à l'île de Déception, où il passa les mois de février et de mars à faire des expériences de physique. M. Kendal, lieutenant, embarqué sur le *Chanticleer*, a publié dans le Journal de Géographie de Londres, quelques détails sur les îles Shmit et Déception que nous rapporterons ici :

« L'île Shmit est composée de terres élevées, couvertes de neiges; les pics qui les couronnent sont des aiguilles de syénite. *The land being composed of a collection of needlelike pinnacles of syenite covered of snow.* (1830, Journal of the Geographical society.)

» L'île Déception présente une apparence différente des autres îles de ce groupe. La chaleur du sol et la noirceur des cendres font qu'elle ressemble plus que les autres îles à une terre ferme, et que ses roches sont presque entièrement dépouillées de leur manteau de neige.

» Cette île forme une espèce d'anneau de terre dont l'intérieur est occupé par la mer qui y pénètre au sud-est par une entrée de 600 pieds de largeur; cette petite méditerranée a une étendue de 5 milles; l'île entière a 8 milles d'étendue dans son plus grand diamètre. »

La principale partie de l'île est composée de couches alternatives de cendres et de glaces, comme si la glace de chaque hiver pendant une série d'années avait été conservée par une couche de cendres vomies par quelque point encore en activité. On rencontre dans les différentes parties de l'île environ 150 trous qui laissent exhaler des gaz avec un bruit sourd ou des sifflements, et qui étaient visibles du haut des montagnes près desquelles le navire était mouillé.

Le fond du lac a 97 pieds avec un fond de cendres; les bords, composés de la même manière, abondent en sources d'eaux chaudes, ce qui présente le singulier spectacle d'eau à une haute température 140° F., (60° C.) sortant près d'une surface couverte de neige, et coulant vers une mer qui est rarement au-dessous du point de congélation; les bords du lac sous le vent étaient recouverts d'une immense quantité de ponces; les montagnes nombreuses que l'on rencontre dans l'île, et dont plusieurs ont 1800 pieds de haut, étaient principalement formées de scories et d'une substance rouge semblable à la brique pilée; mais dans quelques points il y avait de la lave compacte et de l'obsidienne. Les ro-

ches du côté nord de l'entrée s'élèvent perpendiculairement à une hauteur de 800 pieds et paraissent être d'une formation plus ancienne que le reste de l'île. »

Nous trouvons ici une double ligne de montagnes formant les îles de Smith, de Livingston, de Greenwich, de Roberts, de King George, l'île Éléphant, qui appartiennent aux formations schisteuses des terrains primaires et sont traversées par l'intrusion de roches ignées, syénite, porphyre, etc., et probablement aussi par des filons de roches volcaniques extrêmement modernes. La seconde ligne de montagnes sur les terres de Louis-Philippe, de Palmer et de Graham appartient à la même formation et suit la même direction du N.-E. au S.-O. 29 à 30°. Les îles Powell appartiennent à la même formation ; nous en avons recueilli quelques échantillons, qui sont déposés au Muséum. Comme nous l'avons déjà dit, on y a recueilli des roches volcaniques. Ce sont des talcites phylladiformes et des talcites quartzeux, semblables à ceux du port Famine et du port Galant, qui ont très-probablement été soulevés par l'intrusion des roches volcaniques ; entre les deux chaînes de montagnes dont nous avons parlé on trouve un canal qui n'a pas moins de 25 à 30 lieues marines. L'aspect et la forme de ces montagnes sont exactement les mêmes des deux côtés, autant qu'on peut le voir sous le manteau de glaces et de neiges qui les recouvre de toutes parts. Je crois cependant que le côté sud est beaucoup plus escarpé que le côté nord. La planche 27 de

l'Atlas pittoresque donne une idée très-exacte de l'aspect général de ces terres.

Dans le détroit de Bransfield, nous connaissons deux volcans en activité : l'île Déception, sur laquelle nous avons donné de nombreux détails, et le petit volcan Bridgeman. Nous pensons que le cône de l'île Aspland et l'île de l'Astrolabe, si remarquable par sa disposition cratériforme, appartiennent tous deux à d'anciens cratères éteints.

Les pics coniques que nous avons reconnus sur divers points des terres Louis-Philippe, le mont d'Urville, le mont Jacquinot, paraissent aussi par leur forme appartenir aux roches éruptives : cette opinion est confirmée par les observations recueillies par l'expédition anglaise sous les ordres de Ross, qui a contourné les terres Louis-Philippe et Joinville et a signalé des pics de 2,150 mètres, le mont Haddington, au sud de la terre Louis-Philippe, et le mont Peny, au sud de la terre Joinville ; « plus à l'ouest, sous le 64° 30′ de latitude sud et 56° 49′ de longitude ouest (Greenwich), une île d'origine volcanique, de 2 milles de diamètre, projetait à 3,500 mètres de hauteur un cratère parfaitement bien formé. »

Les deux lignes de montagnes qui forment les deux groupes d'îles que nous venons d'étudier ont une direction N.-E. S.-O. 27°. Elles se rapprochent de la direction de la chaîne parallèle entre laquelle est creusée la partie orientale du détroit de Magellan et qui court du N.-E. au S.-O. 30°. Ces deux chaînes de montagnes appartiennent aussi aux roches dites pri-

mitives et sont coupées par l'intrusion de roches ignées. Mais présentent-elles, comme celles que nous venons de parcourir, des roches volcaniques modernes? c'est ce que des observations ultérieures pourront seules nous apprendre. Du reste, nous ne connaissons point assez la composition géologique de ces montagnes pour pouvoir établir ici autre chose qu'un rapprochement quant à leur direction.

Le capitaine Graha, embarqué sur le *Chanticleer*, et dont nous avons cité les observations, prétend que la composition géologique des roches des îles New-South-Orkney est de la même nature que celle de la terre de Feu, et qu'elles ont une direction et une inclinaison semblables. Ces assertions ne sont malheureusement appuyées d'aucune espèce d'observations, et nous croyons qu'il est prudent de s'abstenir.

Nous ferons remarquer ici, bien que nous devions plus tard revenir sur cette question, que les roches qui composent ces îles de granite et de syénite forment la grande masse des roches erratiques observées sur les côtes de la terre de Feu. Des roches volcaniques n'ont été observées que dans l'île de Wollaston.

Le 7 mars 1838, l'expédition, après avoir passé près de deux mois dans les glaces (depuis le 15 janvier 1838), cingla vers le nord et fit route pour le Chili. Les équipages étaient extrêmement fatigués ; le scorbut commençait à exercer ses ravages ; il était impossible de poursuivre plus loin les recherches géographiques sur le continent antarctique, sans

compromettre gravement la santé et la vie des hommes courageux qui venaient de supporter pendant deux mois, avec une fermeté héroïque, toutes les fatigues d'une navigation aussi pénible que dangereuse. Les corvettes, après une traversée rapide, vinrent mouiller à Talcahuano, dans la rade de Conception.

Nous donnerons une esquisse rapide de la seconde campagne de l'*Astrolabe* dans les glaces, qui eut pour résultat la découverte de la terre Adélie et de la terre Clarie. Nous interrompons ici l'ordre de la navigation, mais nous croyons qu'il est nécessaire de grouper les faits recueillis dans ces deux campagnes au pôle antarctique, pour en faire ressortir les observations qui feront le sujet des chapitres suivants.

Nous appareillâmes de Hobart-Town le 1er janvier, mais contrariés par les vents, nous ne commençâmes à faire route que le 4, poussés par des vents O. N. O. et de O. S. O.; nous parcourûmes rapidement un espace de 450 lieues vers le S. S. O. La température diminua rapidement et uniformément jusqu'au 15 janvier, elle était à cette date de 2° à l'air et à la surface des eaux. Nous commençâmes alors à voir des blocs de glace, et chaque jour, en avançant plus au S., nous en rencontrâmes un plus grand nombre. Le 17 janvier, sous la latitude des 62° et 63°, ils devinrent très-nombreux et offrirent des dimensions imposantes, quelques-uns ayant 300 ou 400 mètres d'étendue sur 30 à 50 mètres de hauteur, ils présentaient presque tous une forme carrée à faces ver-

ticales, percées de trous simulant des cavernes, des portes, des ouvertures diverses à la surface de la mer, tout en conservant cette forme particulière que le dégel n'avait pas encore changée. La grandeur de ces blocs énormes nous rappela que nous n'avions vu de glaces semblables que dans le voisinage des îles Powell et de la terre Louis-Philippe, où nous avions si souvent rencontré de grandes îles de glace présentant de loin l'apparence d'un pont jeté sur l'Océan ; les arcades étaient représentées par les excavations formées par la lame.

La hauteur de ces masses dépassait de beaucoup celle de la mâture, et en comparant le volume de notre corvette à ces colosses énormes, nous étions frappés du sentiment de la faiblesse, de la fragilité humaine, et fiers tout à la fois en pensant que le génie de l'homme pût ainsi lutter avec la nature. Le soleil, en projetant ses rayons sur ces immenses falaises, produisait des jeux d'ombre et de lumière impossibles à décrire (*Voir* les Pl. CLXVI et CLXIX).

La brume qui nous avait fait courir de si grands dangers dans notre première campagne vint nous envelopper de nouveau. Nous sommes assaillis par des coups de vent et des grains de neige qui ne laissent aucun relâche aux équipages, et nous mettent à chaque instant dans les positions les plus difficiles. Le 19, le froid devint extrêmement vif (—5°), toutes les manœuvres étaient couvertes de neige et de glace, les poulies obstruées; il fallait les plus grands efforts pour exécuter les moindres manœuvres, la tempé-

rature de la mer était au-dessous de zéro. Arrivés sous le 66ème parallèle, nous trouvâmes une ligne de grandes îles de glaces qui nous barraient le passage: c'étaient des portions de banquises de 50 mètres de hauteur, et d'une longueur qui dépassait souvent 1,000 mètres. Ces blocs étaient séparés par des passes étroites, espèces de canaux entourés de parois verticales d'une très-grande hauteur: c'étaient des labyrinthes de marbre blanc ou de cristal. La largeur de ces voies ne dépassait pas quelquefois deux longueurs de navire; elles aboutissaient souvent à des bassins assez vastes ou nos corvettes pouvaient gouverner plus aisément. Le 20, nous eûmes des brises si molles, que nous ne pûmes faire route; nous avions dépassé les lignes de grandes glaces dont nous parlions tout à l'heure, et nous nous trouvions dans un espace comparativement plus dégagé. Ce fut dans cette journée que nous vîmes pour la première fois la terre, éloignée de 8 à 10 milles; c'était une immense ligne de côte de 400 à 600 mètres de hauteur, couverte de neiges et de glaces qui avaient nivelé presque tous les accidents; toutefois quelques ravins se montraient çà et là, et semblaient servir à l'écoulement des eaux provenant de la fonte qui s'opère à la superficie. La surface des glaciers était sillonnée par de longues crevasses; on remarquait çà et là des blocs immenses entassés sans ordre et sans direction au pied des glaciers; un très-grand nombre de montagnes de glaces étaient échouées sur la côte, elles s'étaient évidemment détachées des falaises de

glaces, trop volumineuses, et ne trouvant pas assez de fond, elles n'avaient pas encore pu s'en éloigner. Bientôt attaquées par la mer et le dégel, elles se divisent et flottent en masse jusqu'aux lignes extérieures auxquelles elles vont se réunir. Les grands glaciers qui descendent des montagnes à la côte par l'expansion des glaces qui les composent donnent journellement aussi une immense quantité de blocs; c'est surtout à cette origine qu'il faut rapporter les blocs si irréguliers, si fantastiques, que nous rencontrions souvent réunis en groupe, comme les débris d'un splendide palais de cristal. La terre était devant nous, mais on est si souvent trompé par les apparences, que malgré les signes les plus frappants de sa présence, il y avait quelques doutes parmi les officiers. Le 21, dans la journée, on put s'approcher davantage et on envoya les ingénieurs sur les blocs de glace pour y faire des observations d'inclinaison, de déclinaison et d'intensité magnétique dans le but de découvrir le pôle magnétique qu'ils ont déterminé depuis avec une exactitude rigoureuse.

Dans cette même journée, on aperçut sur le point de la côte le plus rapproché de nous quelques taches noirâtres qui nous avaient été cachées jusqu'alors par un rideau de glaces interposé entre elles et nous. On reconnut bientôt que c'étaient des rochers dépouillés de glaces; on envoya aussitôt les canots majors des deux corvettes pour prendre possession de ce nouveau continent, et pour y recueillir des échantillons de roches et autres objets d'histoire naturelle. Notre

traversée du bord au continent fut heureuse; nous pûmes, par un ciel magnifique, mettre le pied sur ce sol si désiré [1]. La roche était à nu et désagrégée. Nous recueillîmes de nombreux échantillons; c'était un granit passant au gneiss. Ces roches étaient dirigées E. et O.; pour leur inclinaison, il serait téméraire de la fixer par un chiffre. M. Dubouzet avait la veille découvert, dans l'estomac d'un pingoin, des débris de cette roche, et il en avait justement conclu que la terre était à une petite distance. Ces roches n'étant vraisemblablement pas en place, la direction est très-probablement celle de la côte elle-même, E. O. Nous ferons remarquer ici, sans attacher une valeur exagérée à des échantillons pris sur un point isolé, que sur la terre Adélie on a recueilli les mêmes roches que sur la terre de South-Orkney. Ces îles, d'après les observations publiées par les officiers du *Chanticleer* et par Wedel, sont composées de roches granitiques et de roches quartzeuses, comme nous l'avons précédemment indiqué. Ainsi les deux points connus de ce continent antarctique ont donné des échantillons de granite, de syénite et de quartzite (îles Powell). Ce rapprochement mérite quelque attention.

Les jours suivants, 22 et 23, nous suivîmes la terre qui se prolongeait à l'O. Il était assez facile de gouverner entre la terre et la ligne de glaces que nous avions à babord; mais en avançant à l'O., cette banquise se rapprochait de plus en plus de la terre,

[1] Voir les planches CLXVIII, CLXIX, CLXX, CLXI.

et nous ferma tout passage. Nous fûmes bientôt persuadés que nous étions renfermés dans une impasse. Nous aurions pu revenir sur nos pas, mais nous fûmes assaillis par la tempête[1]; et du 23 au 28, nous eûmes à subir tous les dangers imaginables dans un bassin étroit rempli de masses flottantes dont le moindre choc nous eût mis en pièces. Le 28, le temps s'étant adouci, on remit le cap au nord; nous retraversâmes cette banquise mobile que nous avions franchie le 19 janvier; nous rencontrâmes de nouveau ces lignes de fragments de glace qui stationnent si souvent à 2 ou 3 milles des banquises principales. On put observer dans cette occasion combien les banquises qui entourent la terre sont mobiles, combien leur position est soumise aux influences du vent et des courants. On avait relevé la position de la banquise lorsqu'on s'était approché de la terre Adélie; deux ou trois jours de tempête avaient suffi pour en changer complétement la position, en l'entraînant à plusieurs milles sous le vent. Le temps s'étant montré plus favorable, nous suivîmes la banquise à l'O.; elle s'étendait de la terre Adélie au N. O., puis revenait à l'O. Le 30 janvier, le cri *terre!* retentit de nouveau; nous avions devant nous une immense ligne de falaises de glaces escarpées et uniformes; c'est un rempart parfaitement vertical sur ses bords, et sa partie supérieure est horizontale et élevée de 120 à 140 pieds au-dessus des eaux; quelques grandes îles de glace se trouvaient au pied de cette muraille immense;

[1] Voir planche CLXXII.

mais la mer était assez dégagée, et il fut facile de reconnaître cette côte sur un espace de 20 lieues, et à une distance de 2 à 3 milles seulement, qui permettait d'étudier tous les accidents de ces glaces compactes [1].

Les avis furent partagés sur l'existence de la terre, évidente pour le capitaine d'Urville, qui n'admet pas que des masses aussi prodigieuses de glaces pussent se former sans l'intervention de la terre ou de bas-fonds, et qui croit fermement que ces glaces s'appuient sur le continent; l'existence de la terre était douteuse pour les autres officiers, qui opposaient à cette opinion que les côtes ne se présentent pas avec une régularité, une uniformité parfaite, et que l'on n'avait sous les yeux qu'un champ de glace d'une étendue et d'une compacité remarquables.

En reconnaissant tous les points où Wilkes a vu la terre, en recueillant les observations publiées par les divers voyageurs qui ont affronté les glaces du continent antarctique, nous avons acquis la conviction que cette immense falaise s'appuie à la côte ou sur un bas-fond, et que la côte Clarie forme une partie des terres que nous avons reconnues au cap de la Découverte. Ces glaciers, d'une étendue, d'une régularité aussi remarquables, formés par la chute des neiges pendant de longues séries d'hivers, au milieu d'une mer si souvent en courroux, ne peuvent s'établir, il me semble, que sur la terre, ou très-près des terres. Le petit nombre de montagnes de glaces que nous avons rencontrées, doit nous confirmer dans l'opinion que ces

[1] Voir la planche CLXXIII.

glaciers reposent sur le sol. Nous poursuivîmes le jour suivant notre course vers l'ouest, nous revîmes de nouveau la banquise avec les caractères que nous lui connaissons si bien. Notre seconde campagne se termine ici; elle fut rapide, pleine de dangers, mais aussi couronnée du plus heureux succès.

Tous les officiers qui ont suivi M. d'Urville dans ces deux campagnes, sont unanimes à reconnaître que rien n'égalait le sang-froid, le courage et l'opiniâtre constance de cet homme remarquable, qui souvent torturé par la goutte et des céphalalgies cruelles, n'en restait pas moins, malgré le froid le plus vif, les tempêtes les plus violentes, au poste où l'appelait le salut de ses navires. Aussi quel dévouement, quel respect dans cet équipage, auquel il avait fait affronter si souvent la mort, et la mort la plus cruelle. Peu de navigateurs ont agrandi plus que lui le domaine de la géographie et des sciences naturelles, par l'ardeur qu'il savait donner à tous les membres de l'expédition qu'il dirigeait, et par le zèle qu'il mettait lui-même à faire toutes les observations qu'il jugeait utiles aux progrès des sciences.

Nous croyons devoir donner ici une notice des travaux de l'expédition anglaise dirigée par J. Ross, en 1839, 1840 et 1841. Il est important que le lecteur puisse comparer... Nous donnerons la relation publiée par la *Gazette de Londres.*

« L'*Erebus*, capitaine James Ross, et la *Terror*, capitaine Crozier, partirent d'Angleterre le 29 septembre 1839, et touchèrent d'abord à Madère, à Port-

Praya des îles du cap Vert, à Saint-Paul et à la Trinité, relâches dans chacune desquelles il fut fait de nombreuses et importantes observations scientifiques. Le 18 janvier 1840, le capitaine Ross jetait l'ancre à Sainte-Hélène, ayant pris cette route pour déterminer le minimum de l'intensité magnétique sur le globe, et la nature de la courbe suivant laquelle se développent les points où cette intensité est la plus faible. Il réussit à souhait dans ce dessein, car il ne faut pas oublier que le vaste espace de l'Océan qui se déploie entre les divers lieux que nous avons nommés, est celui de toute notre planète où l'intensité magnétique est le moins sensible. La position de cette ligne, qui se développe vraisemblablement vers le nord à travers le continent de l'Afrique, étant ainsi déterminée sur un assez grand nombre de points, il deviendra sans doute facile de la reconstruire dans tout son développement, et d'en tirer tous les faits que sa connaissance peut révéler à la science. Pendant cette partie du voyage, la position de l'équateur magnétique fut également déterminée, ainsi que des points de repère pour l'observation des changements qu'il pourrait subir. Après avoir établi un observatoire magnétique à Sainte-Hélène, l'expédition remit à la voile, le 8 février 1840, et le 17 mars suivant elle arriva au cap de Bonne-Espérance où elle établit un second observatoire consacré aux mêmes travaux. A cette époque aussi, il fut fait une série d'expériences quotidiennes sur la température et la gravité spécifique de la mer à des profondeurs de 180, 300, 480 et

600 brasses, et à la fin il fut lancé des plombs de sonde jusqu'au fond de l'Océan (*at the bottom of the Ocean*).

» Le 3 avril, l'expédition repartit du Cap et continua avec autant de zèle que de soin ses observations magnétiques, ayant toujours soin de les relier aux travaux des divers observatoires établis dans d'autres parties du monde. Le 12, on touchait à la Terre de Kerguélen, et le 29 (jour fixé d'avance pour des observations simultanées sur divers points du globe), on nota, à des intervalles de deux minutes et demie, et pendant vingt-quatre heures consécutives, les mouvements des instruments magnétométriques. Par un heureux hasard, il survint pendant ce temps une de ces tempêtes magnétiques qui avaient déjà été remarquées en Europe. L'influence que celle-ci exerça sur les instruments à Kerguélen fut identique à celle qu'on observa simultanément à Toronto du Canada; circonstance qui prouve l'immense étendue des influences magnétiques et la rapidité merveilleuse avec laquelle elles traversent le diamètre de la terre. La lumière et l'électricité peuvent seules offrir l'exemple d'une rapidité aussi merveilleuse. La géologie et la géographie eurent aussi leur part des travaux de cette relâche. De grands arbres fossiles furent extraits de la lave, indice de l'origine volcanique de ces îles. Des masses considérables de charbon furent également reconnues; elles promettent pour l'avenir un secours utile à la navigation à vapeur dans cette partie du monde; elles peuvent devenir d'une importance immense pour le commerce de l'Inde.

Digitized by Google

» Après la terre de Kerguélen, l'expédition visita Hobart-Town sur la terre de Van-Diémen les îles Auckland, et s'enrichit d'une série complète d'observations magnétiques au jour important du 30 novembre 1840. Alors, nos compatriotes avaient connaissance des tentatives déjà faites au pôle sud par le lieutenant Wilkes, de la marine américaine, et par la division de M. Dumont-d'Urville. *Cette circonstance détermina le capitaine Ross à user de son pouvoir discrétionnaire pour changer la route qui lui avait d'abord été tracée.* Il fit route directe vers le sud et par le 170e degré de longitude orientale, direction sur laquelle il devait rencontrer l'ovale isodynamique du magnétisme terrestre, et le déterminer, ainsi que le point situé à égale distance des deux foyers de la plus grande intensité magnétique, en passant entre les routes suivies par le navigateur russe Bellinghausen et le célèbre capitaine Cook. Il se proposait ensuite de se diriger sur le pôle par le S. O. plutôt que de vouloir l'aborder directement par le nord, comme ses prédécesseurs l'avaient fait sans résultat.

» Le 12 décembre, il quitta donc les îles Auckland, toucha à l'île Campbell, et, après avoir traversé une mer remplie de glaces flottantes, il rencontra l'extrémité de la banquise au sud du 63e degré de latitude, et franchit le cercle antarctique le 1er janvier 1841. *Cette banquise ne lui sembla pas aussi formidable que l'ont représentée les Français et les Américains;* toutefois, un coup de vent et d'autres circonstances défavorables empêchèrent d'abord les

bâtiments anglais de s'y risquer. Forcés de prendre le large, ils ne la retrouvèrent que le 5, à une centaine de milles de distance, dans l'E., par les 66e degré 45 minutes de latitude S. et 174e degré 16 minutes de longitude orientale. Alors, le vent et la mer portant directement sur elle, on y entra sans avoir à regretter aucune avarie faite aux navires, et même après y avoir parcouru quelques milles, on put continuer à marcher vers le S. sans de grandes difficultés. Mais bientôt d'épais brouillards, accompagnés de faibles brises, rendirent la route aussi périlleuse que pénible, et de longues pluies de neige vinrent gêner tous les travaux. Ce qui encourageait cependant le capitaine Ross à poursuivre sa route, c'était qu'à chaque éclaircie on apercevait dans le S. E. un ciel pur qui réfléchissait évidemment une mer libre ; et, en effet, dans la matinée du 9, *après avoir fait plus de* 200 *milles dans la banquise*, il entra dans une mer parfaitement libre, et mit le cap au S. O. sur le pôle magnétique.

» Le 11 janvier, par les 70e degré 47 minutes de latitude S. et 172e degré 36 minutes de longitude orientale, on signala la terre à la distance d'environ 100 milles en avant, précisément dans la direction qu'on suivait, entre le pôle magnétique et la route des navigateurs. C'était la terre la plus avancée au S. qu'on eût encore découverte. Elle semblait composée de montagnes à pic, hautes de 9,000 à 12,000 pieds, entièrement couvertes de neige, et sur les flancs desquelles d'immenses glaciers s'avançaient comme des

promontoires de plusieurs milles dans l'Océan. Çà et là on apercevait quelques têtes de rochers nus; mais la côte était si hérissée de glaces qu'on ne put débarquer. On mit donc le cap au S. E., où se montraient quelques petites îles, et le 12 janvier, le capitaine Ross débarqua sur l'une d'elles, accompagné du capitaine Crozier et de quelques officiers. Cette île, dont il prit possession au nom de la reine Victoria, est d'origine volcanique. Elle est située par les 71° degré 56 minutes de latitude S. et 171° degré 7 minutes de longitude E. Après avoir reconnu que la côte orientale de la grande terre qu'on avait découverte inclinait vers le S., tandis que celle du N. semblait se prolonger dans la direction du N. O., le capitaine Ross résolut d'avancer par l'E. de cette terre aussi loin qu'il pourrait vers le S., de pénétrer, s'il était possible, au delà du pôle magnétique, que ses calculs fixaient à peu près vers le 76° degré, pour revenir ensuite par l'O. et accomplir ainsi la circumnavigation de la grande terre qu'il avait sous les yeux. Les bâtiments la côtoyèrent donc par l'E., et le 23 janvier ils avaient atteint le 74° degré de latitude S., le point le plus élevé qu'on eût jamais atteint! Arrivés là, de violents coups de vent du S., d'épais brouillards, d'éternels ouragans de neige les arrêtèrent pendant quelque temps; on continua cependant à longer la côte au S., et le 27 on débarqua sur une autre île située par les 76° degré 8 minutes de latitude S. et 168° degré 12 minutes de longitude E.; elle était, comme la première, d'origine volcanique. Le

28, on signala une montagne haute de 12,400 pieds au dessus du niveau de la mer, vomissant d'immenses gerbes de flammes et de fumée. Ce volcan reçut le nom de mont *Erebus :* sa position est par les 77e degré 32 minutes de latitude S. et 167e degré de longitude E. Un cratère éteint, situé à l'est, fut nommé mont *Terror*. La fumée sortait du volcan par jets soudains et s'élevait à une hauteur de 2,000 pieds ; le diamètre de la gerbe au cratère était d'environ 300 pieds, elle affectait la forme d'un cône renversé, et, parvenue à sa plus grande élévation, elle avait peut-être 500 ou 600 pieds de diamètre. Par intervalles, la fumée se dissipait complétement et laissait le cratère entièrement dénudé, mais brillant d'une flamme intense, dont l'éclat s'apercevait même à midi. Des neiges éternelles montent jusque sur l'arête du cratère, et l'on ne put découvrir sur leur surface aucune trace de lave.

» Continuant à prolonger la terre vers le S., les navigateurs se virent bientôt enlever tout espoir de pénétrer plus loin par une barrière de glace solide, s'élevant à pic à plus de 150 pieds au-dessus du sommet des mâts de leurs bâtiments. Au delà de cette barrière, on apercevait les cimes d'une haute chaîne de montagnes dont la direction semblait être au S. S. E. Ils explorèrent cette barrière à l'E. jusqu'au 2 février, où ils atteignirent le 78e degré 4 minutes de latitude sud, le point le plus élevé où ils soient parvenus, et le 9, après l'avoir suivie jusqu'au 191e 23 minutes de longitude E., c'est-à-dire sur une

distance de plus de 300 milles, ils se virent arrêtés par une dangereuse banquise, à travers laquelle ils eurent la plus grande peine à se frayer un chemin, et d'où peut-être ils ne seraient jamais sortis sans les fortes brises qui vinrent à leur secours. A la distance de moins d'un demi-mille de la grande barrière, la sonde porta par 318 brasses sur un fond de vase bleue. La température était alors à 12 degrés centigrades au-dessous de zéro; on ne pouvait plus avancer, il fallut donc remonter vers le N. O., et, le 15 février, on se retrouva par le 76e degré de latitude S., la latitude présumée du pôle magnétique. Les grandes glaces, produit de l'hiver précédent, avaient été enlevées par les courants; mais leur place avait été prise par des glaces nouvelles plus abondantes, au milieu desquelles le capitaine Ross chercha à se frayer une route vers le pôle. Il arriva ainsi jusqu'aux 76e degré 12 minutes de latitude S. et 164e degré de longitude E., où l'aiguille aimantée indiqua 88 degrés 40 minutes d'inclinaison et 109 degrés 24 minutes de variation E., ce qui le plaçait à 157 milles seulement (65 lieues communes) du pôle. Là, la terre l'arrêta, et malheureusement l'aspect de la côte et de la mer était si menaçant, qu'il fallut renoncer à l'espérance de mouiller pour tenter d'aller atteindre par terre le pôle magnétique, but de tant d'efforts.

» C'était cependant une grande satisfaction de savoir qu'on s'en était approché de quelques centaines de milles plus près qu'on ne l'avait encore fait; que, grâce à la multitude d'observations faites sur tant de

points différents, on en pouvait déterminer la position avec presque autant de certitude que si l'on y fût réellement parvenu[1].

La saison était alors avancée; il fallait songer au retour; mais cependant on voulut encore faire une tentative pour débarquer sur la grande terre qu'on venait de côtoyer si longtemps; ce fut sans succès. Toute cette terre s'étend au S. presque depuis le 70e degré jusqu'au 79e degré de latitude S., et elle a reçu le nom de la *Reine Victoria*. Remontant au N., le capitaine Ross alla reconnaître la chaîne d'îles découvertes en 1839 par Balleny, et explorées, avec beaucoup plus de soin que par lui, par les expéditions française et américaine, qui depuis ont tenté la fortune dans les mêmes parages[2]. Le 4 mars, l'expédition sortit du cercle antarctique; elle se trouvait alors tout près de l'extrémité orientale de ces terres auxquelles le lieutenant Wilkes a donné le nom de *Continent antarctique*; le 5, on avait atteint leur latitude, et l'on gouverna droit dessus. Le 6, *les navires se trouvaient exactement au centre de la chaîne de montagnes indiquée par le navigateur américain;* mais, loin d'y trouver des montagnes, on n'y trouva pas de fond par 600 brasses.

[1] Une notice, insérée dans le Bulletin de la Société philomatique de Paris, par M. Dupérrey, prouve, suivant nous, d'une manière irrécusable, que le capitaine Ross était complétement dans l'erreur sur la position du pôle magnétique.

[2] L'auteur de ce rapport, dans l'intention évidente de rapporter à son compatriote l'honneur de la découverte des terres australes, a commis une erreur volontaire et grossière. Nous n'avons pas vu, et nous ne pouvions pas voir, les îles Balleny, qui sont 20 degrés (200 lieues au moins) à l'est de la terre Adélie.

Après avoir couru dans toutes les directions et dans un cercle d'environ 80 milles de diamètre autour de ce centre imaginaire, par des temps très-purs, qui permettaient de tout apercevoir à de grandes distances, les Anglais durent reconnaître qu'au moins *cette position d'un prétendu continent antarctique avec les quelques deux cents milles de côtes indiquées à la suite n'ont pas d'existence réelle.* Le lieutenant Wilkes aura sans doute été induit en erreur par des nuages, par d'énormes bancs de brouillards qui, dans ces régions, trompent aisément les yeux inexpérimentés. S'il en est ainsi, c'est une erreur regrettable, d'autant plus qu'elle tend à jeter du discrédit sur d'autres découvertes du même officier qui auraient une existence plus solide. Continuant à porter à l'O., l'expédition approcha du point où le professeur Gauss avait cru pouvoir fixer le pôle magnétique. De nombreuses observations démontrèrent l'erreur de cette hypothèse, et, le 4 avril, les navires reprirent la route de la terre de Van-Diémen. Ni maladie, ni accident d'aucune espèce ne vinrent attrister les premiers travaux de l'expédition, pendant tout le temps de sa tentative au pôle ; il n'y eut pas un seul malade à bord de l'un ou de l'autre des navires.

Après s'être complétement réparé et avoir réglé tous les instrumens sur ceux de l'Observatoire d'Hobart-Town, l'expédition repartit pour sa seconde campagne. On toucha d'abord à Sidney et à la Baie des Iles, sur la Nouvelle-Zélande, pour y faire une série d'observations magnétiques et y compléter des expé-

riences météorologiques. Les travaux faits aux antipodes de l'Europe sont du plus grand intérêt pour la science ; ils ont décidé l'importante question de la correspondance exacte des perturbations magnétiques les plus légères. Le 23 novembre, l'expédition quitta la Baie des Iles, et, touchant à celle de Chatam, laissa porter à l'E. pour rechercher la position supposée du foyer de la plus grande intensité magnétique ; et, favorisée par un beau temps, elle fit une série d'observations qui prouvèrent qu'on s'était trompé jusqu'alors dans la fixation de cette position.

» Le 18 décembre, étant par les 62e degré 40 minutes de latitude S. et 146e degré de longitude E., les navires rencontrèrent la banquise à 300 milles plus au nord que l'année précédente; ils étaient partis de trop bonne heure. Cependant ils entrèrent dans les glaces et *s'y avancèrent de* 300 *milles au S.* jusqu'au moment où elles devinrent si épaisses, qu'il fut impossible de faire un pas de plus. *Malgré le zèle et le courage des officiers et des équipages, ce fut encore seulement le* 1er *janvier* 1842 *que les bâtiments purent entrer dans le cercle antarctique.* L'éclat extraordinaire du ciel était le pronostic certain des glaces infranchissables qu'on devait rencontrer si l'on continuait à marcher au S., tandis qu'au contraire, des apparences plus favorables semblaient inviter le capitaine Ross à faire route dans l'O. Le 19 janvier, il n'était plus qu'à quelques milles de la mer libre, lorsqu'un violent coup de vent lui fit courir les plus grands périls. D'abord ce fut le gouvernail de l'*Ere-*

bus qui fut mis en pièces; celui de la *Terror* fut à son tour complétement enlevé, et, pendant vingt-six heures, de violents abordages contre d'immenses masses de glaces mirent à l'épreuve le courage des navigateurs. Le 21, la tempête s'apaisa, et bien qu'entourés de glaces de tous les côtés, les équipages se mirent bravement à réparer leurs avaries, pour continuer leur tentative aventureuse. La situation était menaçante au plus haut degré, et elle devait sembler d'autant plus cruelle, que les jours commençaient à raccourcir, car la saison approchait de sa fin. On avait cependant alors fait 450 milles dans les glaces, et pénétré plus avant que Cook et Bellinghausen n'avaient pu le faire dans une saison plus favorable. Enfin, le 2 février, les navires abandonnèrent les glaces par les 67e degré 28 minutes de latitude S. et 159e degré de longitude E., après une navigation, on devrait dire *un emprisonnement de quarante-six jours au milieu de montagnes flottantes.* C'était dix jours plus tôt qu'on ne l'avait fait l'année précédente; aussi le capitaine Ross voulut-il tenter de mettre à profit les dernières chances qui pouvaient lui rester. Il poursuivit donc sa course en côtoyant les glaces au S.; mais il trouva bientôt que la banquise remontait dans l'O., et de violents coups de vent vinrent encore ajouter à ses périls. Il lutta cependant contre tous les obstacles, et le 22, à minuit, il eut la satisfaction de rencontrer la grande barrière à quelques milles plus à l'E. que l'année précédente. Cette masse immense va sans cesse en diminuant, depuis son

commencement au pied du mont Erebus, où elle a au moins 200 pieds de hauteur au-dessus du niveau de la mer. Au point où on la rencontrait en 1842, elle n'avait plus que 107 pieds. De nouveaux sondages rapportèrent un fond de vase bleue par 290 brasses, fait qui, joint à toutes les autres apparences de terre qu'on apercevait à 50 ou 60 milles au delà de la barrière, autorise à croire, presque avec certitude, à l'existence dans le S. d'un vaste continent couvert de glaces éternelles.

» La barrière, ou, pour mieux dire, la banquise fixe, fut, avec l'aide d'une forte brise, reconnue pendant 130 milles encore plus à l'E. qu'elle ne l'avait été l'année précédente, mais ce fut tout ce qu'on put faire. Le capitaine Ross fut donc obligé de revenir sur ses pas; et dans les lieux où il en avait été auparavant empêché par le mauvais temps et les brouillards, il parvint à tracer deux nouvelles lignes de déterminations magnétiques peu éloignées du pôle, et qui serviront à fixer sa position d'une manière encore plus certaine. Ensuite il repassa le cercle antarctique, et il fit au milieu des longues et profondes nuits de ces régions une nouvelle tentative non moins hardie que les précédentes, et qui confirma son opinion sur la non-existence d'un foyer supposé de la force magnétique. Le 12 mars, poussés par une forte brise, les deux navires abordèrent un immense glaçon flottant sur lequel l'*Erebus* brisa son beaupré et son petit mât de hune. Après cet accident, on fit route directe sur le cap Horn, et, durant cette

traversée, James Angeley, quartier-maître, tomba à la mer et se noya. C'est le seul homme qu'on eût à regretter dans cette pénible et périlleuse campagne de cent trente-six jours, durant laquelle, comme pendant la première, les équipages ne comptèrent pas un seul malade. Arrivés à Rio-de-Janeiro, les navires y furent réparés, et, quelques semaines après, ils étaient en aussi bon état de service que le jour où ils appareillèrent des ports de l'Angleterre.

» Le matin du 17 décembre 1842, l'expédition repartait des îles Falkland pour sa troisième campagne, et le 24, sous la latitude des îles Clarence, elle avait connaissance des premières glaces flottantes ; le lendemain, elle était arrêtée par une banquise solide. Le 26 se passa à chercher un passage en côtoyant cette banquise à l'O. Le capitaine Ross, persuadé que la grande étendue de mer libre découverte par le 74e degré de latitude par le capitaine Weddell, devait être libre aux vents d'O. qui règnent ordinairement dans ces parages et chassent devant eux des glaces détachées de quelque grande terre, probablement de la côte E. de la terre de Graham, résolut d'aller d'abord reconnaître cette terre, si c'était possible, puis de pénétrer entre ses côtes et la banquise, espérant ainsi arriver à la grande mer libre signalée par Weddell. Il lui semblait plus avantageux d'aller ensuite au S. que de suivre la route de Weddell, sur laquelle il n'y avait plus de découverte à faire. Le 28, en effet, on signala la terre au S. S. O. ; mais la côte était bordée d'un banc de glaces de dimension

si extraordinaire, qu'il fut impossible d'approcher plus près que 3 ou 4 milles. Toute cette terre, à l'exception de deux caps qui se projettent au N., était couverte de neiges et de glaces qui s'élevaient à pic au-dessus de la mer, quelquefois à des hauteurs de 2,000 et même de 3,000 pieds.

» La mer venait y briser avec une violence incroyable, et elle en détachait à chaque instant d'immenses glaçons qui s'en allaient flottants sur les eaux. D'épais brouillards forcèrent l'expédition à prendre le large dans l'E., et bientôt elle y rencontra l'extrémité O. de la banquise. Dans la soirée du 30, elle se rapprocha de la terre, et s'avança dans un golfe profond qui semblait offrir un moyen d'aborder; mais, là comme ailleurs, la côte était défendue par des glaces infranchissables. Le 4, par le 64e degré 30 minutes de latitude S., les navires se trouvèrent serrés de si près par les glaces, qu'il fallut songer à remonter dans le N. Le lendemain on en sortit, et l'on réussit enfin à mettre pied à terre sur une île située au bout d'un canal profond, à l'extrémité S. du golfe. Le capitaine Ross prit possession de cette île au nom de la reine; elle est d'origine volcanique, et bien qu'elle n'ait pas plus de 2 milles de diamètre, elle projette, à la hauteur de 3,500 mètres au-dessus du niveau de la mer, un cratère parfaitement bien formé. Elle gît par les 64e degré 12 minutes de latitude S., et 56e degré 49 minutes de longitude O. A l'O. de cette île, une magnifique montagne, terminée au sommet par un vaste plateau, s'élève à

7,000 pieds au-dessus du niveau de la mer; toute la côte occidentale de ce grand golfe est bordée de hautes montagnes couvertes de neiges perpétuelles. Les navigateurs lui donnèrent le nom de golfe de l'*Erebus* et de la *Terror;* son ouverture, entre les deux caps qui le terminent, est d'environ 40 milles, sur une profondeur à peu près égale. Excepté au S., il était bordé partout de glaces épaisses; au fond, on signala deux espaces couverts de glaces, mais sans indices de terre, et qui peut-être communiquent avec le détroit de Bransfield. Sur le soir, les glaces s'étant détachées de la côte, les navires doublèrent le golfe au S. et longèrent la terre au S. O., marchant entre elle et une chaîne de montagnes de glaces fixes, située à 2 ou 3 milles de distance. Toute cette partie était libre de neiges sur une vingtaine de milles; mais ensuite on rencontra de nouveau d'immenses glaçons descendant d'une montagne couverte de neige et haute de plus de 2,000 pieds. C'était une barrière insurmontable, et qui confirma le capitaine Ross dans l'opinion qu'un vaste continent s'étend au S. de la grande barrière découverte en 1841, et à plus de 450 milles à l'E. du mont Erebus.

» Les glaces sous toutes les formes entourèrent pendant quelque temps les navires, et l'on fit des observations sur celles qui étaient fixes. Le résultat tendit à mettre hors de doute que le détroit dont il a été question communique avec celui de Bransfield, et probablement aussi avec le canal d'Orléans; mais ce dernier était tellement encombré de glaces, qu'il fut

impossible de vérifier complétement le fait à son égard. La lutte contre les glaces dura ainsi jusqu'au 1er février 1843, jour où il devint nécessaire de chercher à sortir les bâtiments de ce dangereux voisinage pour essayer de pénétrer plus au sud. Le 4, ils avaient regagné le bord de la banquise et naviguaient en mer libre, après avoir passé quarante jours au milieu de ces écueils flottants. Alors commencèrent les vents d'est et d'épais brouillards; la meilleure partie de la saison était passée. Toutefois, par le 65e degré de latitude S., ils croisèrent la route suivie par Weddell à son retour, et rencontrèrent une banquise solide là où il avait vu la mer libre. *Malgré les plus grands efforts, il fut impossible d'avancer au delà du 65e degré 15 minutes de latitude S.; mais alors on se trouvait d'une centaine de milles plus au sud que l'amiral d'Urville*, dans sa tentative pour suivre la route si glorieusement ouverte par notre compatriote Weddell. Le 22, les navires passaient la ligne où l'aiguille aimantée reste invariable par les 61e degré de latitude S. et 24e degré de longitude O., et avec une inclinaison de 57 degrés 40 minutes; fait du plus haut intérêt pour la science magnétique, car il résulte des observations du capitaine Ross que l'hypothèse de l'existence de deux pôles magnétiques verticaux dans le sud (comme c'est le cas dans le nord) est erronée, et qu'*il n'y a en réalité qu'un pôle magnétique dans l'hémisphère austral* [1].

[1] Il y avait longtemps que le capitaine Duperrey avait démontré l'invraisemblance de cette hypothèse, qui n'avait plus à cette époque que fort peu de partisans.

» Nous devons remarquer que toutes les observations de cette année concourent à confirmer la position assignée à ce pôle, par le capitaine Ross, d'après les travaux de sa première campagne. Le 23 février, les bâtiments doublaient les dernières glaces flottantes, et, gouvernant au S. E., ils repassaient le cercle antarctique le 1er mars, par 7 degrés 30 minutes de longitude O. Le capitaine Ross essaya alors de pénétrer au S., en se tenant à égale distance des routes suivies par Weddell et Bellinghausen. Le 23, étant par les 68e degré 34 minutes de latitude S. et 12e degré 48 minutes de longitude O., il fut arrêté par un calme, et voulut profiter de l'occasion pour exécuter des sondages; mais une ligne de 4,000 brasses ne rapporta pas de fond. Cette grande profondeur doit faire supposer qu'il n'existe aucune terre dans le voisinage. Pendant quelques jours, il essaya encore de gagner vers le sud, mais la glace lui opposait une barrière infranchissable, et, de plus, une tempête qui dura trois jours sans interruption, vint mettre ses navires en péril. Enfin, le 8 mars, le vent passa à l'E., et ce fut au moment où ils se croyaient perdus presque sans retour, que les navigateurs purent reprendre la route du nord. Le 23, ils avaient atteint la latitude assignée à l'île Bouvet, 60e degré 19 minutes; mais, comme le capitaine Cook, ils la cherchèrent en vain; et le capitaine Ross en conclut que le capitaine Bouvet a dû être trompé par des glaces. Le 25, par le 47e degré 3 minutes de latitude S., il apercevait les derniers glaçons flottants, alors

qu'il fuyait devant un coup de vent du sud et se dirigeait sur le cap de Bonne-Espérance, où l'expédition mouilla heureusement le 4 avril.

» Dans cette troisième campagne, s'il ne put pas pénétrer aussi loin que Weddell, si la persistance extraordinaire des vents d'E. empêcha la débâcle de se faire et de laisser la mer libre, cependant elle permit au capitaine Ross d'atteindre le 71e degré 30 minutes de latitude S., et d'étendre ses recherches sous le méridien du 15e degré de longitude O. à 12 degrés de latitude plus avant dans le sud que n'avaient pu le faire ses prédécesseurs Cook, Bellinghausen, Biscoë. La découverte et la reconnaissance d'une grande étendue de côtes ignorées, travaux qui démontrent la situation insulaire des parties d'une terre découverte pour la première fois par Bransfield en 1820, fréquentée ensuite pendant des années par nos pêcheurs de veaux marins, et enfin vue en 1839 par l'amiral d'Urville, qui l'appela terre *Louis-Philippe*, ne peuvent être considérées que comme des additions importantes à la géographie de ces parages.

» A la fin d'avril, l'*Erebus* et la *Terror* partirent du cap de Bonne-Espérance, et touchèrent à Sainte-Hélène et à l'Ascension pour y répéter les observations magnétiques qu'ils avaient déjà faites à leur premier passage et y régler leurs instruments. Pour compléter ces travaux, l'expédition se rendit encore à Rio-de-Janeiro, où elle arriva le 18 juin, et d'où enfin elle repartit quelques jours après pour l'Angleterre. Retardé, vers la fin de sa traversée surtout

par des calmes et des brises folles, le capitaine Ross ne put débarquer que le lundi 4 septembre 1843 à Folkstone. Le soir du même jour il était à Londres, où nous n'avons pas besoin de dire qu'il fut reçu de la manière la plus flatteuse par les lords de l'Amirauté. »

Des trois campagnes de l'expédition anglaise, la première fut couronnée du plus brillant succès; elle eut pour résultat la découverte de la terre Victoria. Dans la deuxième campagne, l'expédition parvint à la latitude la plus élevée à laquelle on ait jamais atteint sous le cercle antarctique. Dans la troisième, on reconnut que les terres Louis-Philippe et Joinville étaient des îles d'une étendue assez considérable, et qu'elles étaient très-élevées; que la forme de leurs montagnes indiquait la présence de volcans éteints; elles présentaient une très-grande hauteur, comme on l'a vu dans la relation. Nous ne parlerons pas ici des observations concernant les glaces, nous y reviendrons dans le chapitre que nous leur avons consacré.

Nous ferons remarquer, que si l'expédition anglaise a eu des résultats plus heureux que la nôtre, en ce sens, qu'elle a pénétré plus près du pôle qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, elle avait été organisée exclusivement pour ce genre d'exploration; chaque campagne avait été spécialement préparée et dirigée pour cela, tandis que, dans le voyage de l'*Astrolabe*, ces deux campagnes n'ont été qu'une petite partie du travail d'exploration auquel cette expédition s'est livrée.

Dans ces deux campagnes, l'amiral Dumont d'Urville ne s'est arrêté que contre des obstacles complétement invincibles pour toutes les forces humaines; la première fois, sur une banquise qui le tint prisonnier pendant cinq jours, et qu'il ne put franchir même avec la puissance énorme d'un coup de vent qui faisait plier la mâture, qu'en parcourant à peine un demi-mille à l'heure, et qui seul pouvait le sauver. Cette campagne eut, du reste, comme géographie, le véritable succès de découvrir et d'étudier cinquante lieues de côtes inconnues.

Dans la seconde campagne, l'expédition découvrit et explora la côte Adélie, et la côte Clarie. Si les vents eussent permis de courir à l'Est, il est probable que l'amiral Dumont d'Urville eût suivi la côte jusqu'au mont Erebus. Les vents d'Est, en le poussant vers la côte Clarie, le forcèrent à revenir au Nord et bornèrent sa brillante découverte. Il a eu au moins la gloire de reconnaître le premier ces terres et de préparer la découverte de Ross, comme ce capitaine heureux et brave l'avoue dans sa relation.

Quelques mots sur l'expédition du lieutenant Wilkes. Six navires, deux sloops, le *Vincennes* et le *Peacock*, un brick, le *Porpoise*, deux schooners, le *Sea-Gall*, et le *Flying-Fish*, et une gabarre pour les provisions, le *Relief*, avait été mis sous les ordres de Wilkes dans le but de pénétrer dans les glaces, d'atteindre la plus haute latitude possible, et de faire ensuite des travaux d'hydrographie, de physique et d'histoire naturelle dans l'Océanie.

Digitized by Google

L'expédition américaine partit du port Orange sur la Terre de feu, le 24 février 1838, le *Purpoise* et le *Sea-Gull*, sous le commandement du lieutenant Wilkes, vinrent explorer les glaces entre les îles Powell et la terre de Palmer où ils trouvèrent des banquises infranchissables, et s'avançant vers l'O. ils purent atteindre le 69e degré de latitude vers le 100e degré de longitude occidentale.

Au commencement de l'année 1840, Wilkes explorait de l'E. à l'O. les glaces antarctiques qu'il avait attaquées par le 160e degré de longitude O. ; et il était parvenu jusqu'au 136e de longitude O., sans se douter que la terre était à quelques milles au S., lorsque le 29 janvier il arriva sur cette même terre Adélie où notre pavillon avait flotté le 21 du même mois; il put à son tour y débarquer; c'était la première fois qu'il reconnaissait le continent : chassé par une raffale, il rencontra le 30 nos deux corvettes; et parcourut ces mêmes côtes jusqu'au 97e degré de longitude E. Lorsque Wilkes arriva à Sidney, il apprit que notre expédition avait découvert la terre Adélie le 21 et qu'il avait été devancé puisqu'il n'y avait abordé que le 29. Il crut ravir à notre campagne une si belle gloire en prétendant avoir vu la terre le 19; accusé par ses compagnons de voyage de manœuvres frauduleuses pour s'emparer de cette découverte, il est résulté des débats que le 17 et le 19 on avait eu des apparences de terres auxquelles personne n'avait ajouté foi, lui moins qu'un autre, et que par conséquent l'expédition américaine n'avait vraiment

connu le continent antarctique que le 29 janvier, puisque jusqu'alors on n'avait eu que des apparences, et on sait ce que valent ces apparences dans les mers polaires [1].

Du reste, les observations générales sur les glaces recueillies dans ce voyage sont parfaitement en rapport avec celles qui ont été faites par les officiers de l'*Astrolabe* et ceux qui commandaient les diverses expéditions que nous avons rappelées.

Mais avant de passer à l'étude des glaciers et des glaces flottantes, nous croyons devoir faire remarquer qu'il résulte évidemment des récits des voyageurs qui ont conduit leurs navires dans les glaces, que les banquises, et les barrières qu'elles forment autour du continent antarctique varient non-seulement par leur position géographique dans les mêmes lieux, dans les mêmes années, mais présentent encore des variations dans leur étendue, leur hauteur, leur disposition, et cela sous l'influence des vents, des courants, de la température de la saison, et que ces barrières sont dans des limites de quelques degrés extrêmement variables.

[1] Voir le VIIIe volume de l'Historique, page 193 et suivantes.

CHAPITRE II.

Glaciers des régions polaires.

Nous venons de parcourir, avec les divers navigateurs qui ont exploré les régions glacées du pôle antarctique, une longue étendue de banquises, de barrières de glaces, qui cachent ici des terres recouvertes aussi d'immenses glaciers; là, une mer semée d'îles ou de bas-fonds; ailleurs, peut-être des champs de glaces qui couvrent un océan glacial, et peut-être quelques espaces vides de glaces. Dans quelques points seulement, la terre Adélie, les terres Louis-Philippe, les Powell, les Shetland, la terre Victoria. Il a été donné à nos intrépides navigateurs d'étudier le sol lui-même et les glaciers qui le recouvrent. En réunissant toutes les observations recueillies pendant ces laborieuses et importantes campagnes, en les analysant, en les comparant entre elles, nous sommes arrivé à tirer de l'ensemble de ces phénomènes des inductions générales que nous présenterons rapidement. Nous n'avons pu donner une

analyse de toutes les observations que nous avons puisées dans les ouvrages que nous avons consultés; nous aurions été entraîné bien loin des limites que nous nous sommes tracées. Nous nous contenterons de faire les citations essentielles, que l'on pourra vérifier dans les travaux originaux.

Nous croyons devoir dire quelques mots de l'aspect des glaciers dans les régions polaires; les géologues qui se les représenteraient avec leurs souvenirs de la Suisse et des Pyrénées seraient loin de la vérité. Les glaciers et les mers de glace des régions polaires présentent un spectacle d'une grandeur inexprimable; le voyageur étonné admire la magnificence de la scène, mais il éprouve en même temps un sentiment de terreur qu'il ne peut réprimer. Partout autour de lui la nature est muette, inanimée; partout des dangers le menacent; sous ses pas une mort inévitable avec toutes les horreurs de la faim sous un ciel de fer.

Lorsqu'on approche des régions polaires, lorsque l'on atteint les lignes isothermiques de—2° à—5°, et souvent sous des lignes d'une température plus élevée, on rencontre des glaces flottantes isolées, de grandes îles qui présentent, suivant l'état du ciel, suivant les distances, les formes les plus bizarres, les apparences les plus fantastiques; vous les voyez au loin cheminer tantôt comme des ombres légères, tantôt comme des monuments, comme des obélisques. Ces îles de glace ont souvent des dimensions prodigieuses; on en rencontre très-fréquemment de 300

à 400 mètres de longueur sur 30 à 35 mètres de hauteur. C'est en général vers les groupes d'îles que l'on a rencontré les masses de glaces les plus volumineuses.

Ces mers sont ordinairement couvertes de brouillards qui cachent l'horizon ; le ciel est toujours enveloppé de sombres nuages : aussi n'est-ce qu'avec une habileté consommée que le pilote peut éviter de se briser sur les blocs de glaces qui l'entourent de toutes parts.

Les glaces deviennent de plus en plus nombreuses à mesure que l'on s'approche des glaciers des côtes ou des banquises qui barrent la mer. Ces glaces flottantes, sentinelles avancées de cet empire de la mort, se réunissent en groupes, en nappes, ou en lignes continues, suivant les caprices du vent et des courants, et présentent souvent des zones concentriques qui défendent le front des banquises les plus puissantes.

Les zones les plus extérieures sont alors composées de petites glaces à demi fondues, d'une couleur généralement très-foncée, et que les pêcheurs appellent glaçons (*pancake*). La seconde zone présente des glaces d'un volume plus considérable, atteignant souvent le volume d'un petit navire (*drift ice*).

La mer se présente souvent libre entre ces zones, et on peut avancer librement pendant un ou deux milles et souvent bien au delà.

Vous pénétrez ensuite dans des groupes d'îles de glace plus volumineux, séparés par des passes étroites, espèces de canaux entourés de parois ver-

ticales d'une très-grande hauteur formant un labyrinthe de cristal ou de marbre; ces passes n'ont souvent qu'une ou deux encâblures de largeur, et aboutissent fréquemment à des bassins un peu plus dégagés. Vient ensuite la banquise, qui se présente impénétrable, offrant tantôt une digue continue, un front menaçant, tantôt une foule de coupures, de sinuosités semblables à une côte montagneuse, à des falaises couvertes d'un épais manteau de glace. Un fait extrêmement remarquable est qu'on trouve presque toujours la mer dégagée près des côtes couvertes de glaciers ou près des banquises, c'est en suivant ces canaux que les navigateurs se sont élevés aux plus hautes latitudes; que des baleiniers ont pu reconnaître une partie de la côte ouest du Groënland, et que James Ross a suivi jusqu'au mont Erebus la terre Victoria.

On a observé dans ce voyage que les blocs de glace qui composent les banquises présentent des hauteurs d'autant plus considérables, que l'on se rapproche davantage des terres antarctiques; ainsi près le mont Erebus, les glaces avaient 200 pieds anglais au-dessus du niveau de la mer, elles allaient progressivement en diminuant jusque vers le cercle antarctique où elles présentaient à peine 5 à 6 pieds.

Les côtes couvertes de glaciers, les banquises, les champs de glaces (*fields of ice*) présentent le plus triste, le plus effrayant aspect que l'on puisse imaginer. On ne voit plus ici, comme dans les montagnes de la Suisse, les crêtes azurées des glaciers

couronner des prairies verdoyantes et de belles forêts; ici le monde est inerte, la nature inanimée; un ciel de plomb, une brume incessante, d'épais brouillards donnent à ces glaciers une teinte grise et sombre; un silence absolu règne sur ces tristes plages, où la vie n'a d'autres représentants que quelques oiseaux de proie, quelques pétrels aux longues ailes, qui parcourent ces solitudes, quelques troupeaux de pingouins qui se cramponnent dans les anfractuosités des glaciers et se jouent sur l'écume des flots, ou encore quelques baleines qui vont chercher un abri sous les glaces des pôles.

On dirait un immense tombeau musulman, avec ses murs blanchis à la chaux et ses minarets qui s'élèvent dans les nues. Mais si le soleil vient à percer ces sombres nuages, s'il vient à éclairer ce triste paysage, il semble alors que la nature va s'animer; les glaciers prennent une couleur éclatante; les inégalités s'éclairent, brillent au ciel, en renvoyant mille jets de lumière; les rayons du soleil sont quelquefois décomposés, et l'on distingue sur la neige toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.

Mais lorsque la tempête vient mugir sur ces côtes, que des grains de neige et de pluie obscurcissent l'horizon, que la mer furieuse déferle avec fureur sur ces masses mobiles, que le pilote a peine à gouverner au milieu de cet effrayant désordre, oh! alors, le spectacle est terrible.

Les masses se rapprochent, se pressent avec une puissance effrayante; la mer s'élance en bondissant

autour de ces obstacles et semble devoir tout détruire. Malheur alors aux navires engagés ! Leur perte est certaine : ils sont bientôt mis en pièces. Les matelots courageux qui les montaient périssent dans les flots, ou si quelques-uns survivent au naufrage, ils attendront quelques jours encore une mort affreuse, inévitable, dans des angoisses inexprimables [1].

Les glaciers des régions polaires présentent des caractères semblables à ceux des Alpes ; ils en diffèrent toutefois sous de tels rapports, que, pour un observateur superficiel, ils sembleraient s'éloigner des lois qui nous ont été révélées par les travaux des géologues modernes.

Nous avons étudié avec soin les ouvrages de MM. de Saussure [2], Hugi [3], Venetz [4], de MM. de Charpentier [5], Agassiz [6] et Forbes [7] sur les glaciers de la Suisse ; nous avons nous-même parcouru les glaciers des Alpes dauphinoises, et nous avons pu nous rendre compte des phénomènes observés, et comparer les théories que l'on a présentées pour expliquer ces phénomènes. Nous avouerons tout d'abord qu'aucune des théories n'explique d'une manière satisfaisante tous les faits observés. Celle de la

[1] Il se perd ainsi chaque année un grand nombre de navires baleiniers.

[2] Voyages dans les Alpes (1779-1796).

[3] Bibliothèque de Genève (*passim*).

[4] Essai sur les glaciers.

[5] Essai sur les glaciers.

[6] Études sur les glaciers. 1843, 1847.

[7] Travels through the Alps of Savoy, Edinburgh, 1843.

progression par la dilatation, comme l'explique M. Agassiz, nous paraît contraire aux lois générales de la physique, et M. Élie de Beaumont a apporté contre cette théorie des arguments tirés des lois générales de la chaleur, arguments qui n'ont point encore été entièrement réfutés. D'autre part, la théorie du glissement est loin de satisfaire à toutes les faces du problème. Et comment expliquer par le glissement la progression des glaciers du Spitzberg, lorsque la terre y est éternellement à l'état de congélation, comme l'a reconnu M. Martins? Comment admettre le glissement pour la progression des glaciers sur la terre Adélie, lorsque la terre, même au niveau de la mer, y est éternellement congelée? Nous nous contenterons d'examiner les faits sans chercher à apporter tel ou tel argument à l'une ou à l'autre théorie, en nous faisant fort de cette opinion bien accréditée parmi les géologues : « qu'il est plus important, dans l'état actuel de la géologie, de bien examiner les faits, de les comparer et de tirer seulement de leur étude les inductions nécessaires, que de discuter des théories et d'observer les faits dans le but d'en faire naître des arguments en faveur de tel ou tel système. »

Les neiges perpétuelles des Alpes présentent deux dispositions générales entièrement différentes, que l'on a confondues, dans la langue ordinaire, sous le nom de glaciers, savoir : les mers de glace, qui occupent les vallées les plus élevées, et n'ont souvent qu'une faible inclinaison, et les glaciers proprement

dits, que l'on peut considérer comme des torrents qui versent dans les vallées inférieures, dans les vallées transversales les masses de glace qui se forment dans les régions supérieures, et qui descendent beaucoup au-dessous de la limite des neiges perpétuelles. Cette glace est formée par la fusion de la neige, qui, d'abord très-fine dans les lieux les plus élevés, fond légèrement, augmente par juxtaposition, et forme des grains plus volumineux, que l'on appelle *haut névé*, *firn*. A mesure que l'on se rapproche de la limite inférieure des glaciers, ces grains de névé deviennent de plus en plus gros, et atteignent à peu près le volume d'une noix à leur limite inférieure; ils font alors place à la glace compacte qui se montre à nu.

Cette glace est elle-même composée de ces espèces de cristaux de névé, intimement soudés entre eux, et formant une masse vitreuse parcourue en tous sens par une multitude de fissures capillaires, affectant des formes variées, et qui renferment de petites quantités d'air que les neiges ont emprisonnées en se convertissant en glace compacte. On observe que la masse est divisée en couches stratifiées d'épaisseur très-variable qui présentent quelquefois des nuances d'azur plus ou moins foncées qui permettent de les distinguer dans la masse des glaciers. Ces couches correspondraient, d'après Saussure [1], à l'ensemble des lits de neige déposés chaque hiver; selon d'autres auteurs, à chaque chute de neige, ce qui n'est pas

[1] Voyage dans les Alpes.

vraisemblable. M. Agassiz[1] pense que la distinction des couches est due aux matières terreuses dont se recouvrent les glaciers entre les diverses saisons ou entre des chutes de neige, à plusieurs mois de distance. Nous croyons qu'elle est souvent due aux différences de densité de la glace.

M. Dessor a montré que le phénomène de la stratification n'existe pas seulement dans les régions supérieures du névé, mais qu'il se poursuit jusqu'à l'extrémité des glaciers[2].

La preuve que le clivage superficiel des glaciers est une stratification primitive se tire du passage insensible des couches du glacier à celles du névé, de la concordance des plans de couches dans l'intérieur des puits avec les effleurements de la surface, et enfin de la présence de petits dépôts de sable et de gravier entre les assises.

Les mers de glace dont la surface est entièrement composée de névé, et que l'on a justement comparées à des plaines uniformément couvertes de sable fin, présentent des caractères qui les distinguent des glaciers. Elles sont généralement unies, légèrement concaves en s'inclinant vers les bords de la vallée, et ne sont jamais recouvertes par ces amas de roches désagrégées que l'on a appelés *moraines*. Les blocs qui tombent sur ces mers de glace, dans ces névés, y sont enfouis, soit par leur poids, soit par de nouvelles neiges, et ne reparaissent au jour

[1] Essai sur les glaciers.
[2] Dessor, Bulletin de la Société de géologie, 1846, p. 528.

que lorsque la glace compacte se montre à découvert. Ce fait, qui a excité de tout temps la curiosité des habitants des Alpes, a été interprété de diverses manières. Les paysans et les guides de la Suisse assurent que le glacier a horreur de tous ces corps étrangers, et qu'il les rejette en raison de ce fait. — M. Agassiz[1] a cherché à expliquer ce phénomène en supposant que l'eau provenant de la fonte des neiges qui recouvrent la pierre venait se congeler au-dessous d'elle, et que la pierre était repoussée en haut par la dilatation qu'éprouvait l'eau en se convertissant en glace.

M. Martins, dans une série d'observations qu'il a faites sur un petit glacier, le Faulhorn[2], a montré que les pierres reparaissaient à la surface par l'effet de l'ablation de la partie supérieure du glacier, ablation résultant de la fonte et de l'évaporation qui ont lieu à sa superficie. Ce savant naturaliste a mesuré avec un très-grand soin ces ablations diurnes pendant l'été et en a donné la formule. Il a étudié des premiers la stratification des glaciers; et a montré que les couches noires paraboliques de la surface avaient leur convexité tournée vers le haut du glacier, contrairement à ce qu'on observe sur les mers de glace. Ces couches sont les affleurements des écailles de glace qui composent le squelette du glacier. La forme parabolique est due au mode de fusion de ces écailles; et la couleur plus vive des bandes

[1] Études sur les glaciers, Neufchâtel.
[2] Bulletin de la Société de géologie, 1844, p. 223.

bleues qui correspondent à ces couches, serait produite par la grande densité de la glace dans ces parties qui sont infiltrées d'eau plus complétement que les autres.

Les crevasses marginales n'existent que le long des bords, ordinairement par groupes ou faisceaux qui se rattachent à quelques promontoires ou rochers du rivage. Leur direction est oblique en amont, ce qui a fait supposer à MM. Charpentier et Agassiz que les bords du glacier marchaient plus vite que le centre, opinion que les expériences ultérieures n'ont pas confirmée. La cause déterminante de ces crevasses, ce sont les inégalités des bords, qui, en retenant une partie de la glace prisonnière, provoquent une tension, qui finit par être vaincue. Il en résulte alors des déchirures perpendiculairement à la chute du glacier. Or, comme la masse des bords est sollicitée par deux forces, l'une qui la porte dans le sens de l'axe du glacier, l'autre vers le fond de la vallée, il s'ensuit que la brisure doit être perpendiculaire à la résultante de ces deux forces, c'est-à-dire oblique en amont.

Les crevasses médianes sont de longues fêlures transversales très-étroites, qui traversent souvent le glacier de part en part. Elles ne se trouvent que là où la surface du glacier est unie; elles naissent spontanément et s'annoncent par de fortes détonations, ordinairement à la suite de journées chaudes.

Crevasses d'escarpement. — Ce sont celles qui donnent naissance au phénomène si remarquable des

aiguilles. Elles n'existent que sur les fortes pentes.

Le glacier, en arrivant au bord d'un escarpement, prend un mouvement accéléré qui occasionne des déchirures transversales. Celles-ci se multiplient et s'élargissent sur l'escarpement lui-même; il en résulte à la fin un bouleversement général. La présence de pareilles crevasses est toujours un indice que le mouvement est spontanément accéléré. C'est en faisant allusion à ces crevasses que M. Guyot a pu poser en principe « que les crevasses se forment partout où la vitesse de marche devient relativement trop grande et cesse d'être en proportion avec la plasticité. »

Crevasses longitudinales.— Elles n'existent que dans les grands glaciers et particulièrement dans ceux dont l'extrémité s'étale dans une longue vallée à fond plat. L'exemple le plus remarquable qu'on puisse citer est celui du glacier du Rhône. Il est probable qu'en se déversant ainsi latéralement, le glacier éprouve une tension dans toute sa masse qui provoque des déchirements perpendiculaires à cette tension, c'est-à-dire dans le sens de l'axe du glacier. Comme les strates indiquent d'ordinaire la direction de la force propulsive, et que celles-ci sont concentriques, il en résulte que les crevasses devront être rayonnantes, c'est-à-dire en éventail.

Caveaux. — Ce sont de vastes ouvertures ellipsoïdes qui ne se trouvent qu'à l'origine des glaciers, dans l'intérieur des cirques, à 3,000 ou 3,500 mètres d'élévation, ordinairement dans les endroits où la pente augmente.

Toutes les crevasses, quelles qu'elles soient, se referment toujours au bout d'un certain temps; ce qui le prouve, c'est qu'elles sont toujours à la même place, et pourtant le glacier marche continuellement. Souvent les espaces qui précèdent et suivent immédiatement les crevasses sont les plus unis : témoins les environs du pavillon du glacier de l'Aar, en amont et en aval des crevasses marginales. Aussi bien, si les crevasses ne se refermaient pas, tous les glaciers sans exception seraient tellement bouleversés qu'ils deviendraient complétement inaccessibles.

Quelquefois elles se referment complétement dans le haut, et c'est alors qu'elles offrent un danger réel pour le voyageur qui est appelé à parcourir les solitudes des hautes régions. Lorsqu'elles s'entre-croisent et se multiplient, elles donnent lieu au phénomène des siracs.

Rimages. — On appelle ainsi les crevasses qui se voient à l'origine de toutes les grandes pentes de neige, et que les montagnards de l'Oberland désignent sous le nom de *bergschrungd* (crevasses de montagnes). Elles n'indiquent pas précisément le point où les masses entrent en mouvement (puisqu'il y en a souvent plusieurs de superposées), mais probablement une accélération déterminée par une plus grande épaisseur de la masse de neige; c'est pourquoi elles se maintiennent toujours à une certaine distance de l'origine des pentes de neige.

Les glaciers descendent dans des vallées profondes comme des torrents dont les eaux solidifiées présen-

teraient une plasticité telle qu'elles peuvent suivre tous les contours des rochers au milieu desquels ils se sont frayé un lit. Ces vallées sont dominées par des pics, des rochers plus ou moins escarpés, et qui se désagrégent sous l'influence des agents atmosphériques, leurs débris tombent dans les névés et sur les glaces, et forment dans une vallée unique deux lignes latérales de fragments de roches que l'on appelle *moraines latérales*. Lorsque la glace de deux petites gorges se réunit dans une seule vallée, deux des moraines latérales se réunissent au confluent des deux fleuves de glace et forment une moraine médiane. La moraine médiane s'élargit ordinairement en descendant, et l'observation de la position successive des blocs établit que la marche du glacier va en se ralentissant, ce qui ne s'accorde guère avec l'hypothèse qui suppose qu'un glacier est une masse fluide, plastique, qui coule par l'action de la pesanteur.

Les moraines vont en s'élargissant, ce qui tient au ralentissement de la marche du glacier; en effet, dans la partie supérieure, les moraines amènent constamment une quantité assez égale de blocs qui sont transportés avec une vitesse toujours moindre; elles doivent donc gagner en largeur à mesure que la marche du glacier diminue; c'est surtout remarquable pour les moraines médianes qui ne s'enfoncent pas sous le glacier comme certaines moraines latérales; celles-ci ne se mélangent pas avec la moraine médiane. Les blocs des deux flancs de la montagne ne se mêlent jamais entre eux ni avec ceux

des moraines médianes; quelquefois, à force de s'élargir, elles finissent par se toucher par les bords. Chaque accumulation isolée de blocs identiques par leurs caractères minéralogiques, indique autant de chutes périodiques ou accidentelles de roches qui ont été transportées ensemble sans se disperser. L'absence de mélange dans les traînées parallèles de blocs que présentent les anciennes moraines qui sont abandonnées sur la pente des vallées, lorsque les glaciers se relèvent vers les sommets, comme aussi la présence, sur un point, de nombreux blocs de même nature, sera donc un caractère qui permettra de reconnaître et de distinguer les transports par les glaciers des transports par les eaux.

Un certain nombre de fragments de roches pénétrant sous le glacier, quelques-uns se détachant du fond sur lequel il se meut, il en résulte que le glacier descend sur une couche de galets qui sont fixés dans la glace comme une pierre précieuse dans sa monture, en sorte qu'ils sont en partie striés et polis dans des directions diverses, et que leur action strie et polit le fond et les parois de la vallée dans laquelle il se meut. Ces galets empâtés d'une boue caractéristique se mêlent, à la partie inférieure du glacier, aux blocs anguleux et frais qui restent parfaitement intacts, puisqu'ils n'ont subi aucun frottement; ce sont les moraines terminales.

Partout au voisinage des glaciers, et surtout sur les parois, on observe que les surfaces des roches sont polies et finement striées. Il faut bien distinguer ces

surfaces striées et polies par les glaciers des surfaces striées qui auraient été produites par des glissements. Les surfaces striées par les glaciers présentent des séries de lignes droites parallèles qui s'entrecoupent avec d'autres séries de lignes droites parallèles entre elles. Les divers minéraux qui composent les roches subissent également l'influence de la masse polissante, et toutes les roches dures, granite, gneiss, porphyre, calcaires anciens, etc., sont également striées et polies, et conservent d'autant mieux leurs caractères, qu'elles résistent mieux aux agents atmosphériques; ces stries sont complétement indépendantes de la structure de la roche.

M. Agassiz[1] a montré que dans tous les dépôts glaciaires, sous les glaciers, sur les bords et à distance dans les anciennes moraines, on trouve partout des cailloux roulés, dont les surfaces à demi polies présentent un burinage semblable à celui des surfaces dont nous venons de parler, ce sont les galets du lit du glacier; comme ces fragments sont en partie mobiles, leurs raies se croisent plus fréquemment. On ne trouve jamais de pareils galets dans les torrents ni dans les fleuves à deux lieues des glaciers; lorsque ceux-ci sont entraînés des glaciers dans les torrents, ils perdent bientôt leur burinage pour prendre un aspect mat et uniforme; les galets fourniront au géologue de bons caractères pour distinguer les dépôts des glaciers de ceux qui auraient une autre origine.

[1] Bulletin de la Société de géologie, 1844, 1845, p. 277, etc.

Les glaciers oscillent, c'est un fait acquis à la science, mais on n'est pas d'accord sur les limites dans lesquelles ils oscillent ; les uns veulent les restreindre à leur limite actuelle, d'autres veulent leur en donner une beaucoup plus étendue. Une réunion de géologues suisses, MM. Agassiz, Dessor, Dolfus, font des expériences continues qui nous donneront bientôt la loi de ces oscillations à notre époque.

Les anciennes oscillations des glaciers sont indiquées par la présence de blocs erratiques anguleux et frais, transportés à une très-grande distance sans avoir subi de frottement, par la présence de galets striés, de surfaces striées et polies. On reconnaîtra les dépôts formés par les glaciers à la disposition des blocs erratiques anguleux, séparés de place et d'origine, à la présence des galets striés, à la hauteur à laquelle ils ont été apportés, hauteur qui diffère souvent sur les deux versants de la vallée.

Les oscillations des glaciers dans des limites de quelques lieues sont des faits évidents et bien établis pour tous les géologues; il n'y a en discussion aujourd'hui que les grandes extensions ; mais si après avoir étudié les caractères de la présence des glaciers dans les vallées des Alpes dans lesquelles ils existent encore, on descend de vallée en vallée, on est forcé d'admettre que ces mêmes traces se présentent dans chacune d'elles avec les mêmes caractères, et on arrive ainsi jusqu'au Jura, où on retrouve encore tous les caractères des glaciers réunis, et on en conclut avec

M. de Charpentier[1] et M. Agassiz[2] que, à une époque peu éloignée, les glaciers de la Suisse s'étendaient jusque sur les pentes du Jura. Ces savants sont arrivés, en généralisant cette opinion acquise par l'étude des glaciers des Alpes, à admettre que toutes les montagnes de l'Europe avaient été couvertes de glaciers, et avaient répandu ces débris, ces blocs énormes de roches, ces cailloux roulés que nous trouvons mélangés avec eux, et qui forment une partie de ce terrain d'alluvion moderne auquel nous donnons le nom de *terrain erratique* et mieux celuide formation erratique.

Toutes les vallées qui entourent les Alpes, celles du Rhône, de l'Isère, de la Durance, d'Aoste, toutes les vallées du versant méridional des Alpes présentent des dépôts d'alluvion extrêmement puissants et qui proviennent très-évidemment des cimes des Alpes; c'est ce que les géologues appellent le diluvium alpin. On connaît aussi le diluvium jurassique[3] de la même époque; et enfin l'immense dépôt erratique du Nord ou diluvium du Nord, qui est contemporain de celui des Alpes.

Deux théories sont en présence pour expliquer les caractères que présentent ces dépôts de blocs erratiques et de cailloux roulés. M. Élie de Beaumont est porté à conclure que le transport du terrain erratique est dû à l'action de grands courants descendus

[1] Essai sur les glaciers.

[2] Études sur les glaciers.

[3] De l'ancienne extension des glaciers dans les Vosges, par M. Collomb.

des Alpes, lorsque l'apparition des mélaphyres fit fondre soudainement les glaces et les neiges qui couvraient les cimes plus anciennes des Alpes occidentales [1]. MM. de Charpentier, Agassiz, Forbes et Martins pensent que le phénomène diluvien ne peut s'expliquer qu'en admettant que d'immenses glaciers ont occupé anciennement toutes les vallées des montagnes.

Les partisans de la première théorie se fondent sur l'opinion que les courants d'eau précipités avec une très-grande vitesse peuvent produire la disposition que présentent les blocs erratiques; ils pensent que ces courants peuvent strier et polir les roches qui forment les parois des vallées, et transporter intactes des masses anguleuses enveloppées soit d'une masse boueuse soit de masses de glace; ils combattent surtout la croyance hypothétique d'un refroidissement général de l'Europe, qu'ils croient contraire à ce qu'a révélé l'étude de la géologie sur les modifications qu'ont présentées les températures de la terre; ils pensent que des masses aussi considérables, qui avaient à peine une inclinaison de 1° à 3°, tandis que les glaciers actuels n'ont pas des pentes moindres de 4° ne pouvaient pas glisser sur le fond des vallées s'il est vrai que des avalanches de neige, que quelques cours d'eau ont produit des sulcatures; que plus d'une fois on rencontre, dans les ravins des Alpes, des masses de terrain de transport arrangées à la manière des moraines; je crois cependant, avec

[1] Annales des sciences naturelles, t. XIX, p. 213.

MM. de Charpentier et Forbes, que les caractères essentiels du transport par les glaciers ne peuvent jamais être tous reproduits par les dépôts que forment les torrents.

L'arrangement des blocs entre eux et leur distribution sur le sol me paraissent être des preuves évidentes en faveur de cette dernière théorie. M. Guyot a dressé une carte du diluvium des Alpes, dans laquelle il a montré la distribution des blocs erratiques entre les Alpes et le Jura ; il a pu suivre la route de chacun d'eux et remonter à son origine. On trouve les blocs erratiques sur les flancs des deux montagnes qui bordent la vallée : ce sont les moraines latérales. Il existe des moraines transversales plus élevées qui contiennent plus de matériaux ; elles répondent à la moraine frontale plus élevée qu'ont toujours les glaciers à leur partie inférieure ; les lignes de blocs sont le plus souvent demi-circulaires : c'est la forme qu'affecte toujours la face terminale des glaciers. La convexité de la masse regarde le bas de la vallée : c'est la forme que présente constamment la partie inférieure du glacier.

Les blocs erratiques sont mélangés de galets striés qui doivent éloigner, d'après l'observation de M. Agassiz que nous avons citée, toute idée de transport par les eaux. Ils sont fréquemment dans des positions si instables, qu'il est impossible d'admettre que ce soit le fait d'un courant.

Nous verrons, du reste, que si nous acceptons le transport du dépôt erratique des Alpes par les gla-

ciers, cette hypothèse est inadmissible pour le diluvium du Nord, aussi bien, à notre avis, que le changement cosmique qui aurait modifié la température de l'Europe; nous en trouverons des preuves dans l'étude de la géographie physique.

Nous venons de tracer rapidement les traits principaux de l'histoire des glaciers des Alpes et de leur importance en géologie. Ces glaciers étant les seuls qui aient été étudiés d'une manière suffisante, nous les avons pris comme types, et nous allons étudier rapidement les modifications que présentent les neiges perpétuelles et leurs glaciers, en nous acheminant de l'équateur aux pôles.

Les mers de glace présentent un caractère spécial dans les climats équatoriaux : c'est l'évaporation considérable de l'eau provenant de la fusion, évaporation telle que, sur les cimes très-élevées, les grains de névé, isolés par l'évaporation, n'ont rien de la solidité que l'on observe sur les mers de glace des régions tempérées. Le même phénomème se présente dans les latitudes les plus élevées.

En nous rapprochant du Nord, nous reconnaîtrons que la limite des neiges perpétuelles s'abaisse sur la terre, et que la ligne qui sépare les névés des glaces compactes s'abaisse proportionnellement. Dans les Alpes, la limite inférieure des neiges éternelles est, pour la latitude de 45° 45' à 46°, à 2,700 mètres au-dessus du niveau de l'Océan sur le versant nord, et à 3,000 mètres sur le versant sud; dans l'Oural, par 59° 40', elle est à 1,460 mètres; dans la Sibérie, par

60° 55′, à 1,364 mètres; dans la Norvége à l'île Magaroë, par 71° 15′, à 720 mètres [1].

Il ne faut pas croire cependant que la limite des neiges perpétuelles soit en rapport constant avec les lignes de latitude ou les lignes isothermiques; elle présente à cet égard des différences remarquables sur lesquelles nous reviendrons.

Sur la côte septentrionale de la Norvége, les glaciers qui servent de débouché à de grandes mers de glace descendent jusqu'au rivage, et représentent encore tous les caractères des cimes glacées des Alpes; mais leur ligne de névé est déjà à une très-petite distance du niveau de la mer, les glaciers ont peu d'étendue, et enfin les moraines ne commencent qu'à une très-petite distance de la base des glaciers. A une latitude plus élevée, les glaciers proprement dits disparaissent, et la limite des névés se trouve située au niveau de l'Océan : alors tous les caractères que nous avons décrits comme appartenant en propre aux glaciers disparaissent; nous ne retrouvons plus de moraines médianes ni de moraines latérales semblables à celles de la Suisse; les crevasses sont peu nombreuses, les cavernes ne se rencontrent nulle part. Les montagnes sont entièrement recouvertes de névé, ou, si la glace compacte se montre quelquefois, ce sera tout à fait à la base du glacier, et on pourra voir alors quelques débris de roches gisant à leur surface.

Le névé qui recouvre ces montagnes forme des

[1] Recherches sur l'Asie centrale, de Humboldt.

couches d'une très-grande épaisseur; mais la masse inférieure est composée de glace compacte, comme il est facile de le voir lorsque, par une circonstance quelconque, une partie de ces glaciers vient à se détacher.

Le névé est ferme; on peut facilement marcher par un temps froid et brumeux sur ces couches composées de petits cristaux réunis et tassés comme du sable fin, et le pied y laisse des empreintes semblables à celles qu'il ferait sur une plage sablonneuse. Ce caractère est commun aux névés des régions polaires et à ceux des régions tempérées. Il paraît, d'après les récits des voyageurs qui ont visité les glaciers des Andes, que les névés de ces cimes ne présentent pas cette cohésion; au contraire, les divers cristaux qui les composent semblent s'isoler, et un corps d'un poids peu considérable s'enfonce immédiatement à une grande profondeur. Cela tient sans doute à l'évaporation qui se fait à la surface du glacier et qui amène une ablation extrêmement rapide des couches supérieures. L'eau résultant de la fusion de ces neiges étant immédiatement mise en vapeur, les couches inférieures ne peuvent acquérir aucune solidité soit par la congélation de cette eau, soit par le tassement qu'entraînerait son écoulement.

En nous éloignant des zones tempérées, nous voyons pour ainsi dire disparaître un à un les caractères que nous avons reconnus dans les glaciers de la Suisse, et sous le cercle arctique nous ne retrou-

vons plus que des mers de glace. Ces masses de névé ont alors les caractères qui leur sont propres : elles recouvrent les montagnes comme un vaste manteau, comblant les vallées, colorant d'une teinte uniforme toutes les crêtes abruptes des montagnes, si bien qu'il est souvent difficile de les distinguer des masses de neige qui les entourent. Ces névés, assez solides pour supporter le poids d'un homme, ne le sont plus assez pour retenir à leur partie supérieure les débris de roches qui viennent à se détacher des rares saillies qui dépassent leur niveau ; ils sont enfouis, et ne reparaissent plus que dans les blocs de glace qui sont rejetés à la mer.

Au Spitzberg, il n'y a pas de glacier proprement dit, les mers de glace descendent jusqu'au niveau des eaux ; cependant la glace compacte se montre quelquefois à découvert, et on trouve alors vers la base du glacier un assez grand nombre de débris de roches qui forment des moraines latérales. Les couches inférieures du glacier entraînent-elles à la mer des masses de débris beaucoup plus considérables ? Nous n'avons presque aucun moyen de les apprécier.

Les mers de glace, sous les latitudes arctiques, se terminent presque toujours à la mer par un mur vertical dont la hauteur est très-variable, mais qui toutefois doit être proportionnelle à l'épaisseur du glacier ; elles sont généralement d'une grande hauteur sous les latitudes de 70 à 80°.

Au printemps et à l'automne, de nombreuses cou-

ches de neige viennent s'ajouter à la surface des glaciers et augmenter leur puissance. Je dis au printemps et à l'automne, parce que tous les voyageurs qui ont hiverné dans les régions polaires nous ont appris que, pendant les grands froids, il ne tombe presque jamais de neige. Mais si, pendant ces grands froids, les glaciers n'augmentent pas à leur partie supérieure, il se forme vers leur base, à la mer, de larges plateaux de glace auxquels viennent s'ajouter plus tard de nombreuses couches de neige. Il arrive souvent que cette neige est soulevée, transportée et déposée par les vents en couches, en dunes, quelquefois en montagnes d'une hauteur considérable sur les plateaux de glace, sur les rivages et dans les vallées.

La neige qui tombe par des froids très-vifs ne se groupe pas en flocon comme dans les pays tempérés, mais tombe très-souvent comme une pluie de sable fin qui ne s'agrége point, à moins que, sous l'influence d'une température plus douce, il n'y ait au moins un commencement de fusion.

Il résulte de la disposition des névés et de la glace compacte, que, dans les pays chauds, les moraines commencent à se montrer à une très-grande hauteur, et que, dans les régions polaires, souvent les blocs de roches sont complétement enfouis dans les névés, et par conséquent ne se montrent que dans les masses qui se détachent des glaciers, ou dans leurs parties inférieures et terminales. Les mouvements des glaciers doivent être aussi plus rapides, plus

considérables dans les régions chaudes et tempérées que dans les régions polaires.

Bien que la limite des neiges perpétuelles s'abaisse sur la terre en allant de l'équateur au pôle, bien que la ligne qui sépare les névés des glaces compactes s'abaisse proportionnellement, il ne faudrait pas croire, comme on l'a fait si longtemps, que la ligne des neiges perpétuelles soit en rapport constant avec les lignes de latitude et les lignes isothermiques : elles présentent à cet égard des différences que nous apprécierons dans la troisième partie de ce travail.

Comme rien n'est immobile sur notre globe, pas même les neiges et les glaces polaires qu'on appelle éternelles, lorsque les chaleurs arrivent, les neiges fondent et disparaissent complétement dans les plaines, même à de très-hautes latitudes, se réduisent en névé sur les mers de glace, et enfin les plateaux qui se sont formés à la mer se détachent et commencent leur pérégrination vers le sud. Bien plus, les glaciers des montagnes vont aussi se mettre en mouvement, et en même temps que leur partie supérieure va subir par la fonte et l'évaporation une ablation assez considérable, leurs parties terminales vont être repoussées, des blocs immenses seront jetés à la mer, de telle sorte que chaque année le glacier perdra une quantité de glace et de névé à peu près égale à celle qui se sera ajoutée à sa surface; en sorte que, même dans la région des froids les plus intenses, le glacier subira un mouvement incessant qui, au bout d'une longue période d'années,

aura renouvelé entièrement ses parties composantes.

Examinons attentivement les faits observés, et étudions le mécanisme de ces modifications sur les plateaux de glace.

Aux premières chaleurs de l'été, par des dilatations et des contractions diurnes, les plateaux éprouvent des fendillements qui se font souvent avec un grand bruit; ces fentes séparent ces plateaux en grandes nappes, en îles de glace. A cette époque, les vents changent de direction, les courants éprouvent des modifications analogues, et alors les plateaux qui s'étaient formés dans les criques, dans les baies auprès des glaciers, après avoir été fendillés, séparés par les modifications que leur impriment les influences de température, sont chassés par les courants et par les vents, et vont au large, où ils sont entraînés soit sur d'autres côtes, où ils augmentent d'épaisseur dans les hivers suivants, soit dans les mers tempérées, où ils disparaissent.

Lorsque la température devient assez élevée, que le soleil reste sur l'horizon pendant vingt heures, les différentes parties des glaciers présentent chacune à leur tour les phénomènes que nous allons décrire; les couches supérieures, échauffées par l'action solaire, fondent avec rapidité; on voit naître des petits ruisseaux qui, en se réunissant vers la partie la plus déclive, forment bientôt un torrent qui va se précipiter à la mer, du haut du mur de glace; une partie de cette eau qui résulte de la fusion de la neige est réduite en vapeur, et cette portion est peut-être la

plus considérable; une autre partie pénètre les neiges sous-jacentes, les réduit en névé, qui augmente de plus en plus de densité et qui forme bientôt de la glace compacte.

Nous ferons bien observer ici que les eaux qui proviennent de la fusion des neiges qui couvrent les glaciers ne se creusent pas un canal entre le sol et le glacier comme cela a presque toujours lieu vers la limite inférieure des glaciers de la Suisse, mais que ces eaux coulent toujours à la surface, où elles se creusent des sillons plus ou moins profonds.

La terre dans les hautes latitudes étant constamment à l'état de congélation, on ne peut admettre que la glace puisse fondre à son contact, et cette induction est complétement vérifiée par l'étude des faits; nous ne connaissons pas une seule observation dans les nombreuses relations de voyages aux pôles, une seule description dans laquelle nous trouvions indiqués des canaux ou des cavernes à la partie inférieure des glaciers qui couvrent les montagnes.

Et cependant, bien que le glacier soit attaché au sol par un ciment de glace, bien que tout semble le fixer d'une manière immuable dans les gorges des montagnes où il se trouve encaissé, ce glacier, cette masse prodigieuse a un mouvement que l'on ne peut nier, marche vers les parties déclives, et cette progression devient proportionnelle à la chaleur du jour et à chaque série de beaux jours.

C'est surtout sur les glaciers qui se terminent à la

mer que ces mouvements peuvent facilement être analysés.

Des blocs sont repoussés dans les eaux, d'abord de petit volume et en petit nombre, plus considérables quelques jours plus tard, pendant les grandes chaleurs ce sont des montagnes entières qui se détachent avec fracas, flottent au large et commencent leur voyage vers le sud.

Étudions un instant le mécanisme de cette progression. Elle commence, avons-nous dit, aussitôt que la température est suffisante pour opérer la fonte de la glace. Les variations de température produisent des fentes ou crevasses transversales à l'axe du glacier. Elles s'élargissent de plus en plus et indiquent le mouvement du glacier. Mais comment ces masses puissantes sont-elles entraînées ? c'est ce que nous ne saurions expliquer. Toujours est-il que cette dilatation, que ces mouvements s'opèrent, et que leur résultat est une progression vers les parties déclives. La masse entière s'avance peu à peu, et vient fondre tantôt dans la mer, tantôt dans les plaines qui s'étendent le long des montagnes et que le soleil a déjà dépouillées de leur couverture de neige. Deux glaciers placés vis-à-vis l'un de l'autre descendent quelquefois dans la même vallée, et s'écoulent tous deux vers une plaine ou vers la mer, où ils jettent à la fois et les eaux qui résultent de la fonte superficielle, et les blocs qui se détachent à la limite inférieure du glacier.

Lorsqu'un glacier vient finir à la côte, la masse entière s'avance pas à pas, repoussant la mer sans

s'y fondre, si la température des eaux est au-dessous de 0°, et continuant à progresser sur le fond jusqu'à ce qu'il ait atteint un fond de mer assez considérable pour faire flotter sa ligne antérieure, qui, en vertu de sa moindre densité, s'élèvera au-dessus de la mer en formant un mur vertical dont la hauteur indiquera l'épaisseur du glacier.

Supposons qu'un glacier de 800 pieds d'épaisseur s'avance sur une plaine inclinée dans une mer dont la température est inférieure à 0°, comme cela avait lieu sur la côte de la terre Adélie [1]. Le glacier s'avancera sur la plage jusqu'à ce qu'il ait trouvé un fond de 700 à 720 pieds, et alors sa partie antérieure se mettra en équilibre et formera un mur vertical de 80 à 100 pieds de haut.

Mais si, au contraire, la température de la mer est au-dessus de 0°, les couches inférieures du glacier seront fondues plus ou moins rapidement, en arrivant à la plage; les parties supérieures qui viendront à surplomber se détacheront et tomberont dans la mer; dans ces circonstances, le glacier n'avancera que très-peu dans le sein des eaux et s'y démolira rapidement. Il arrive très-fréquemment que les glaciers sont situés dans des gorges étroites creusées entre des montagnes dont les extrémités s'avancent dans la mer, en formant ainsi une espèce d'amphithéâtre sur la côte et une baie à la mer. Le glacier occupe alors la gorge des deux montagnes, recouvre

[1] Voyez Relation historique du voyage de l'*Astrolabe* et la *Zélée*, vol. VIII.

quelquefois les sommités d'un léger manteau de neige ou de névé, et forme, en suivant le penchant des montagnes, un vaste demi-cirque, qui se termine à la mer par une ligne droite, bien que la baie soit elle-même demi-circulaire, comme l'indique la disposition générale des lieux. Cette ligne de glace est alors comme une corde sous-tendue à un arc, et la partie inférieure du glacier est comme un immense segment dans la circonférence occupée par la baie. Dans ce cas, les masses de glace qui s'appuient des deux côtés sur les falaises s'avancent sur la mer, bien que leur partie inférieure soit fondue par les eaux, dont la température est supérieure à 0°, et offrent souvent alors une immense voûte élevée de 3 à 4 pieds au-dessus de la mer. De cette voûte plane et unie se détachent de grands blocs de glace qui soulèvent des lames d'eau très-dangereuses pour les personnes qui vont explorer ces magnifiques glaciers, observer ces belles voûtes, soutenues tantôt par des masses de glaces échouées, tantôt seulement par la force de cohésion qui unit tout le glacier.

Nous avons lu des détails très-curieux sur les glaciers du Spitzberg dans l'ouvrage de Scoresby et dans les notes publiées par M. Martins dans la *Bibliothèque universelle de Genève* (année 1840, v. VIII).

Dans le livre de Scoresby, nous avons trouvé de très-bonnes descriptions de ces glaciers et des figures qui expriment bien leur disposition. Les notes de M. Martins donnent des détails fort remarquables que nous devons citer. A l'époque où le navire qui

portait ce savant était mouillé près Magdalena-Bay, la température de la mer se trouvait supérieure à 0°; le glacier de Magdalena-Bay s'avançait sur la mer, en présentant un mur vertical, dont la base était çà et là creusée par des cavernes très-profondes, et à marée basse, on distinguait très-bien leur voûte régulière et unie, qui se trouvait élevée alors de quelques pieds au-dessus de la mer.

Les glaciers de Magdalena-Bay et de Bell-Sound sont des mers de névé qui, à leur partie terminale, prennent les caractères des glaciers proprement dits: ainsi on observait, vers la partie inférieure, des blocs et des débris gisant sur la glace; on n'en voyait point au-dessus dans les névés, ni dans le milieu de la paroi terminale; ils étaient abondants vers les côtés. Nous ferons remarquer qu'on a observé dans la baie des roches enchâssées dans des masses de glace qui, détachées des glaciers, flottaient et allaient au loin transporter des roches du Spitzberg.

Les glaciers de Magdalena-Bay et de Bell-Sound se terminent par une paroi verticale qui barre transversalement le fond de la baie, qui, d'après les observations des officiers de *la Recherche*, est certainement arrondie. La partie centrale du segment que formait le glacier offrait une dépression qui indiquait sans doute que les masses qui la composaient descendaient en fondant dans les eaux.

Les murs verticaux qui terminent les glaciers du Spitzberg varient entre 30 et 50 mètres de hauteur. Le glacier de Horn-Sound, mesuré par Scoresby,

avait 120 mètres ; le second des glaciers de Smeremberg avait 91 mètres. D'après Phipps, à Magdalena-Bay, le glacier d'entrée avait 63 mètres, et celui de la Pointe-aux-Tombeaux, 76 mètres. En Laponie, les grands amas de glace qui couvrent le Sulitelma ont 65 mètres d'épaisseur. En Suisse, les glaciers n'ont en général qu'une épaisseur de 20 à 35 mètres à leur partie terminale.

Dans les deux campagnes de l'*Astrolabe* et de la *Zélée* au pôle Sud, et dans le dernier voyage de Ross à la terre Victoria, on a vu des murs verticaux terminant les glaciers sur la côte, d'une auteur prodigieuse. Le long de la terre Adélie, et surtout près de la terre Clarie, la banquise qui s'appuyait sur la terre, l'extrémité du glacier qui s'étendait au loin sur la montagne, paraissait avoir 50 mètres de hauteur. James Ross a suivi pendant plusieurs lieues un mur vertical de glace dont la hauteur dépassait souvent 150 pieds anglais.

Ces chiffres font supposer des masses d'un volume sept à huit fois plus considérable. Quelle immense épaisseur! et que sont nos glaciers d'Europe auprès de ces immenses accumulations des glaces polaires?

On a observé depuis longtemps, et Scoresby, Parry et divers navigateurs modernes ont vérifié ce fait, que la mer a le plus souvent une très-grande profondeur auprès des glaciers et des banquises les plus considérables.

Il est assez facile de se rendre raison de ce phéno-

mène; la progression des glaciers en donne, suivant nous, une explication satisfaisante. C'est généralement à de très-hautes latitudes que ce fait a été constaté : dans le détroit de Davis, dans la mer du Spitzberg, sur la côte groënlandaise, et enfin dans quelques points voisins du continent antarctique, et toujours à des latitudes très-élevées.

Dans ces latitudes, la mer a, pendant la plus grande partie de l'année, et souvent pendant toute l'année, une température inférieure à 0°. Dans ces circonstances, comme, par exemple, sur la côte Adélie, sur la côte Clarie, les glaciers qui couvrent la plage s'avancent à une très-grande distance des terres et forment d'immenses banquises qui sont retenues près des côtes soit par la cohésion de la masse, soit encore par les mille irrégularités que présentent les falaises ou le fond sur lequel elles sont fixées.

Ces banquises ainsi formées par la progression du glacier dans la mer, et qui s'étendent à une distance de deux à trois milles, par exemple, éloignent les navires de la plage, et les sondes, au lieu d'être faites réellement sur la côte, se font alors à une grande distance.

Dans la baie de Baffin, les sondes près des côtes donnent des chiffres très-élevés; mais aussi tous les navigateurs ont observé que les glaciers des côtes ont une épaisseur énorme, et que les glaces flottantes qu'on y rencontre ont une hauteur prodigieuse; il résulte des observations thermométriques faites

par Ross, dans son voyage sur l'*Isabelle* et l'*Alexandre*, que la température de la couche superficielle de cette mer est presque toujours au-dessous de 0°.

Les températures de l'atmosphère et de la mer variant dans chaque mois, et cette variation correspondant ordinairement avec des modifications dans la direction des vents et des courants, on conçoit que les mouvements qui s'opèrent dans les glaciers et les masses qui s'en détachent doivent présenter de grandes différences en rapport avec les changements des températures, des vents et des courants, et que c'est à ces modifications météorologiques qu'il faut avoir recours pour expliquer les variations que présentent les mouvements des glaciers, leur progression, l'émission des blocs à la mer, leur nombre, leur forme, leur volume, la quantité de débris qu'ils peuvent transporter, et enfin, la disposition relative des masses flottantes.

En effet, qu'à un temps froid et brumeux viennent succéder deux ou trois semaines de beaux jours, sous l'influence de cette douce température il s'opérera des dilatations et des contractions diurnes dans les masses; ces mouvements tendront à les diviser en grands blocs, et à les pousser à la mer. Si la température des eaux est au-dessous de 0°, les glaces s'avanceront dans la mer, sans se fondre, jusqu'à ce qu'elles aient atteint une profondeur suffisante pour être mises à flot, et alors elles seront entraînées par les courants rapides que tous les navigateurs ont observés dans les régions polaires.

Mais plus tard la mer aura une température supérieure à 0°; alors les phénomènes seront tout différents : le glacier, au lieu d'avancer sur la mer à une grande distance, sera fondu presque au niveau de la côte. Les blocs qui se détacheront seront beaucoup moins volumineux, et contiendront nécessairement un moins grand nombre de blocs de roches. Ces circonstances méritent d'être appréciées pour l'étude de la géologie, car elles modifient considérablement la dispersion des blocs erratiques.

Dans les glaciers des Alpes, nous avons trouvé trois espèces de moraines : latérales, médianes, terminales. Dans les régions polaires, lorsque les névés descendent jusqu'à la mer, nous n'avons plus de moraines, apparentes du moins. Les moraines latérales et terminales doivent renfermer un nombre de blocs anguleux plus ou moins considérable, suivant la nature des montagnes, leur latitude, leur position par rapport à la mer, sa température, etc. On connaît mal ces moraines; elles ne sont point d'une part aussi étendues que dans les Alpes, et d'autre part il faudrait des observations multipliées sur les mêmes glaciers pour pouvoir apprécier leurs dispositions et leur marche.

La plupart des voyageurs qui ont parlé des moraines des glaciers polaires ont fait simplement observer que les parties inférieures et latérales des glaciers étaient recouvertes d'un grand nombre de blocs de roche; que fréquemment sur les murs de glace qui terminaient ces glaciers à la mer, on voyait

des blocs fixés dans la masse. W. Scoresby et bien d'autres navigateurs ont rencontré des îles de glace chargées de blocs, ou avec des blocs fixés dans leurs parois.

Lorsque le glacier fond à la mer, un grand nombre de débris doivent se détacher immédiatement et tomber au bord des glaciers. Il n'y a que les roches fixées à la partie supérieure des couches de glaces qui peuvent être transportées au loin avec les couches sur lesquelles elles sont placées. D'autre part, lorsque le glacier s'avance dans une mer d'une température inférieure à 0°, aussitôt qu'il a atteint une profondeur suffisante, les masses sont relevées par leur légèreté spécifique, séparées en grandes îles, et peuvent alors emporter au loin une grande quantité de blocs provenant des moraines latérales ou terminales, et former sur des rivages étrangers des terrains erratiques.

Nous devons faire remarquer ici que les bancs de glace qui se détachent des falaises peu élevées qui forment les côtes, emportent plus de blocs erratiques que les glaciers qui descendent des pentes, parce que, sur la côte, les variations rapides de la température sont éminemment propres à désagréger et à diviser les roches. Les glaciers des hautes latitudes, en raison de la température de la mer, qui est souvent alors inférieure à 0°, peuvent transporter au loin une grande quantité de débris de roches ; tandis que ceux qui fondent à la surface de la mer abandonnent sur place presque tous les blocs qu'ils ont déta-

chés du sol. Mais, nous le répétons encore, la plus grande partie des blocs erratiques doit provenir des falaises qui sont plus exposées aux variations atmosphériques, et qui, chaque année, sont cernées par d'immenses radeaux de glace qui s'en séparent pendant l'été.

Digitized by Google

CHAPITRE III.

Glaces flottantes.

Presque tous les blocs de glace que l'on rencontre flottants à la mer sont composés de couches de neige stratifiée, plus ou moins dense, plus ou moins réduite en névé et en glace compacte. Ces lits ont, en général, une épaisseur très-variable, depuis quelques centimètres jusqu'à un mètre. La coloration de ces diverses couches présente ordinairement des nuances assez sensibles pour qu'on puisse facilement les distinguer entre elles ; elles sont quelquefois séparées par une ligne blanche, comme par une ligne d'argent sur un fond légèrement azuré ; c'est tantôt une couche de neige qui n'a point été entièrement changée en glace compacte, tantôt une couche de glace désagrégée.

Un fait semblable a été signalé dans les Alpes par plusieurs physiciens, et particulièrement par M. Agassiz.

Les strates dont sont composées les glaces flot-

tantes ne présentent pas toujours un parallélisme parfait; il arrive fréquemment qu'elles sont en discordance. Il est évident que cette disposition est due à des couches qui se sont ajoutées à la masse, lorsqu'elle était déjà détachée des falaises ou des banquises, et livrée aux caprices de la mer; il est même assez rare que les strates de glace soient parallèles au niveau des eaux.

Les diverses couches qui se succèdent à la manière des roches stratifiées sont ordinairement liées entre elles par les stalactites de glace qui proviennent de la fusion des parties supérieures; elles présentent très-souvent des fendillements en ligne droite, qui annoncent que la masse se divisera bientôt.

Quant à la forme, à la dimension de ces glaces flottantes, nous avons dit, dans la première partie, combien elles étaient variables. Leur disposition relative en lignes ou en groupes est déterminée par les vents, par les courants, par toutes les variations de ce ciel orageux. Tantôt elles présentent des champs immenses de 1 à 5 mètres de hauteur : ce sont des plaines parfaitement nivelées et couvertes de neige (*fields of ice*); tantôt un front de blocs immenses, de 10 à 50 mètres, formant une côte continue, une banquise impénétrable, offrant tous les accidents des falaises d'un rivage montagneux. Plus au sud, ces banquises, ces champs de glace se séparent en groupes; plus loin, ce ne sont que des îles, des îlots épars.

Ces immenses débris d'un monde inerte prennent toutes les modifications, toutes les formes, toutes les figures que l'Océan leur imprime : vastes champs unis sous un ciel tranquille, après la tempête ce sont des monceaux de ruines que le puissant architecte a élevés dans sa colère, en brisant les glaces les unes contre les autres, et en soulevent leurs débris en monuments bizarres, en montagnes fantastiques, qui atteignent quelquefois 100 mètres de hauteur.

Lorsque les glaces ont longtemps flotté, elles se présentent souvent sous la forme de champignons; elles ont été profondément fouillées au niveau de leur ligne de flottaison, et de leur chapiteau descendent de grandes stalactites qui brillent de mille couleurs. Ces glaces sont ordinairement très-dures : cependant sous l'influence de quelques circonstances qui sont encore peu connues, leur masse entière est quelquefois pourrie (je me sers du mot expressif des baleiniers); la moindre secousse suffit pour les réduire en poussière. Ces phénomènes se manifestent surtout sous l'influence des vents chauds et humides.

Les glaces flottantes proviennent, soit des glaciers qui couvrent les côtes montagneuses des régions polaires, soit des champs de glace qui se forment sous de hautes latitudes. Un très-petit nombre de débris flottants doit provenir des débâcles des fleuves du Nord.

Nous avons tâché de montrer de quelle manière les glaciers des côtes se démolissent à la mer; nous avons vu que tous ces glaciers, sous l'influence de la

température de l'été, entraient en mouvement, et que leur progression sur les versants où ils se trouvent placés était proportionnelle et à la température de l'air et à la puissance des glaciers. Nous avons vu aussi que suivant la température de la mer, ces masses s'avançaient plus ou moins loin dans les eaux, formaient des glaces flottantes de dimensions très-différentes, et que généralement les plus considérables provenaient des latitudes les plus élevées.

Essayons de distinguer par leur forme les masses qui proviennent des glaciers de celles qui se sont formées à la surface de la mer.

Les glaces flottantes qui se sont détachées des murs de glace, des banquises qui terminent les glaciers, sont ordinairement plus denses. Leur forme est généralement irrégulière; elles présentent fréquemment des figures fantastiques : ce sont des édifices gothiques, des pyramides, des palais de marbre; mais le plus souvent elles ont des formes si étranges qu'on ne peut les comparer à rien; leur stratification, moins sensible et moins bien déterminée que celle des autres glaces flottantes, est parfaitement régulière; leur couleur azurée est généralement plus vive, et l'eau qu'elles donnent en fondant est assez douce pour pouvoir servir aux équipages.

Ces fragments de glacier sont ordinairement isolés ou en groupe peu nombreux, et se présentent rarement en masses uniformes, comme les débris d'un champ de glace; ils peuvent seuls offrir ces magnifiques monuments dont la hauteur et le dessin frap-

pent les voyageurs d'étonnement et d'admiration.

Les glaces qui se forment à la surface de la mer se présentent en grands plateaux d'épaisseur très-variable, depuis quelques pouces jusqu'à 20 pieds d'épaisseur et plus; elles atteignent des dimensions bien plus considérables lorsque leur partie supérieure a pu s'augmenter des neiges de plusieurs hivers. Ces plateaux sont composés de couches généralement bien distinctes, et qui sont parallèles au niveau de la mer; on les voit ordinairement réunis en groupes de hauteur et de formes semblables, qui subissent ensemble et en conservant leur disposition relative, les influences des vents et des courants qui les entraînent dans telle ou telle direction.

Leur couleur offre des nuances de gris et d'azur pâle, et le plus souvent leur partie supérieure présente une couche de neige parfaitement blanche. Ces plateaux proviennent de la rupture des champs de glace qui sont produits pendant l'hiver par la congélation de l'eau de mer. On a nié pendant longtemps, et aujourd'hui même quelques voyageurs ne croient pas que les glaces puissent se former sur la mer à une grande distance des côtes; il est vrai que près des terres, dans les baies, dans les criques, au milieu des glaces détachées, ces plateaux sont créés avec la plus grande rapidité, et il est peu de baleiniers qui n'aient vu s'en former autour d'eux pendant leurs campagnes au milieu des glaces flottantes où ils vont poursuivre les cétacés; il est incontestable que ces plateaux peuvent se former à la sur-

face de la mer à une grande distance des terres.

Plusieurs navigateurs ont vu dans les régions polaires cette transformation s'opérer sous leurs yeux, et en ont décrit les différentes phases; mais je reproduirai de préférence les observations que W. Scoresby a publiées dans son savant ouvrage (*An account of the arctic regions*, page 239), parce que cet explorateur est devenu célèbre par ses recherches sur les questions qui nous occupent et par son talent d'observateur. Je traduis ses propres paroles :

« J'ai souvent observé les progrès du gel depuis la première apparence des cristaux jusqu'à ce que la glace eût atteint une épaisseur de plus d'un pouce, sans que la terre pût en rien aider à sa formation; souvent là où la vieille glace ayant été chassée par les courants ou par les vents d'est, les terres situées à l'ouest avaient empêché de nouvelles glaces de prendre leur place.

» J'ai vu la glace se former à plus de vingt lieues du Spitzberg, et acquérir rapidement une consistance capable d'arrêter les mouvements d'un navire poussé par une bonne brise, même lorsqu'elle était exposée aux vagues de l'océan Atlantique, au milieu de la mer du Groënland, sous le 72° de latitude nord.

» Lorsque les premiers éléments de glace paraissent à la surface de la mer sous la forme de petits cristaux isolés, et qui ressemblent à de la neige que de l'eau très-froide ne pourrait fondre, les marins l'appellent *sludge* (saleté); la houle s'apaise comme si on eût couvert les flots d'une couche d'huile. Les

cristaux s'unissent entre eux pour former des noyaux plus volumineux, et même sous l'influence des vagues elles acquièrent des volumes de 3 à 4 pouces de diamètre. Ces petits glaçons, constamment heurtés les uns contre les autres, s'arrondissent, se relèvent par leurs bords, s'unissent, et présentent bientôt de petits plateaux d'un pied d'épaisseur et de plusieurs mètres de circonférence; on les nomme alors *pancake;* et si on vient à examiner ces *pancakes*, on voit qu'elles ont la forme d'un pavé. Dès que la houle a complétement cessé, ces divers glaçons s'unissent et forment des champs immenses.

» Lorsque la mer n'est pas agitée, les progrès de la congélation sont très-rapides. La glace augmente par la partie inférieure, atteint souvent une épaisseur de 2 à 3 pouces en vingt-quatre heures, et peut soutenir le poids d'un homme en moins de quarante-huit heures. Ces plateaux de nouvelle formation sont nommés par les marins anglais *young ice*, *bay ice*, jeunes glaces. »

Ces observations sur la congélation des eaux de la mer sont d'une très-grande exactitude, et c'est ainsi qu'on voit de légères couches de glace se former près des côtes, dans les baies, dans les criques de la mer du Nord; c'est ainsi que MM. les officiers de *l'Astrolabe* et de *la Zélée* ont vu des plateaux de glace unir entre eux les différents blocs de la banquise, lorsqu'ils furent retenus prisonniers au milieu des glaces flottantes qui formaient cette immense et terrible barrière qui leur ferma le chemin que Weddel

avait suivi pour atteindre des latitudes plus élevées.

La congélation de la mer à une grande distance des terres nous paraît un fait incontestable; elle doit avoir lieu toutes les fois que la température est pendant plusieurs jours au-dessous du point de congélation de l'eau de la mer, — 2° 65′, et surtout lorsque la mer n'est pas trop agitée. Du reste, les premiers cristaux ayant la propriété de diminuer ses ondulations, des champs de glace se formeront nécessairement sous l'influence d'un froid intense suffisamment prolongé, et ils doivent avoir une étendue proportionnelle à l'intensité négative de la température. Bientôt, du reste, de nombreuses couches de neige viennent s'ajouter à la surface de ces plateaux, se condenser, se réduire en névé au printemps; ils s'augmenteront encore, et formeront des masses toujours croissantes, jusqu'à ce que la mer les brise, les disperse, que les vents et les courants les chassent devant eux sous des climats plus doux.

Ce n'est point, en effet, sur des côtes ni dans des baies que peuvent se former les immenses plaines de glace que les baleiniers rencontrent au printemps dans les mers du Nord; ce n'est point dans les baies du Spitzberg que peuvent se former ces magnifiques champs de glace qui couvrent les mers du Groënland; ce n'est pas non plus dans les anfractuosités des terres que se forment ces banquises des mers du Sud qui entourent le continent austral. Ces banquises présentent dans ces mers une élévation plus considérable que dans les mers du Nord; mais ces faits

peuvent s'expliquer aisément en considérant que sous le pôle antarctique, près de ce vaste continent, les courants sont moins nombreux et moins puissants que dans les mers du Nord ; de telle sorte que ces plateaux, moins mobiles, moins facilement éloignés des terres, peuvent y acquérir une plus grande élévation par l'accumulation successive des neiges pendant plusieurs hivers.

Les mers du Nord sont parcourues par les courants les plus violents, soit que la disposition des terres en forme de canaux accélère le mouvement des eaux, soit, comme cela paraît probable, que les mers du Nord communiquent sous le pôle avec les mers du continent américain et asiatique. Il existe, il est vrai, des courants remarquables par leur vitesse dans les mers antarctiques : on en connaît à l'ouest de l'Amérique méridionale, vis-à vis le cap de Bonne-Espérance, on en connaît encore vers l'Australie ; mais ils sont loin d'avoir la vitesse de ceux que l'on a observés dans le détroit de Béring et dans la mer de Groënland ; de telle sorte que les plateaux de glace qui se forment autour du continent austral peuvent rester groupés autour des îles, sur des bas-fonds, pendant de longues années, et y acquérir ces dimensions qui ont frappé les explorateurs qui ont visité ce continent, si longtemps soupçonné, si longtemps méconnu.

Quelques géologues ont imaginé qu'il se formait aux pôles une immense accumulation de glaces, et que ces accumulations menaçaient le monde de nou-

veaux cataclysmes. En examinant les faits avec soin, on arrive à un résultat complétement différent; on peut démontrer que les glaces de la mer même, près du pôle de froid, n'atteignent pas en un hiver une épaisseur de 20 pieds.

On peut en effet connaître, approximativement au moins, l'épaisseur qu'un plateau de glace peut acquérir sous l'influence du froid le plus intense pendant un hiver, et calculer sur cette donnée l'âge des masses plus considérables qui auraient été produites par l'accumulation des neiges pendant plusieurs hivers. Nous avons indiqué les signes caractéristiques de ces glaces flottantes.

Pour arriver à la solution de ce problème, nous avons cherché des données dans les relations des voyages au pôle nord, et spécialement dans les travaux de Ross et de Parry, qui ont hiverné dans les régions polaires. Nous citerons les faits les plus remarquables.

Il résulte des observations du capitaine Parry, à la latitude du 74°—70′, que l'épaisseur de la glace qui se formait sur la mer augmentait proportionnellement à l'intensité du froid par sa surface inférieure, et s'accroissait encore des couches de neige qui, réunies, pouvaient à la fin de l'hiver atteindre 6 à 8 pieds; mais dans aucun cas l'épaisseur de la glace ne dépassa 15 pieds, même sous la latitude de l'île Melville, sous l'influence d'un froid de —45° [1].

[1] Voyage of Hecla and Griper for the discovery of a north-west passage, 1810-1820. Under Edward Parry.

Nous reproduirons encore une note publiée dans l'appendice au deuxième voyage de John Ross, 1829-1833 [1], pendant l'hiver qu'il passa sous la latitude nord 70°, à Félix Harbour.

Il fit des expériences comparatives sur l'épaisseur de la glace à la mer et dans un lac d'eau douce. Voici ses propres paroles : « On trouva que la glace augmentait régulièrement chaque mois jusqu'à la fin de mai, qui fut l'époque de son maximum, savoir : 10 pieds dans la mer et 11 pieds dans le lac. Dans les mois de février et de mars, lorsque la température de l'air était de — 50°, la température de la glace augmentait graduellement entre sa surface et l'eau de mer sur laquelle elle était placée, de telle manière qu'à la température de l'atmosphère dans sa couche superficielle, elle n'avait à sa partie inférieure que la température de l'eau de mer non congelée 27° Far. (— 2° 78′ cent.), montrant ainsi que pour geler l'eau de mer il faut une température de 5° Far. plus basse que le point de la congélation du thermomètre Far. 32° (0° du thermomètre cent.). Ces expériences furent faites en creusant des cavités de profondeurs diverses, jusqu'à ce qu'on fût parvenu à la couche inférieure, en plaçant dans ces cavités des thermomètres que l'on y laissait pendant quelque temps et que l'on examinait avec le plus grand soin. » Malheureusement l'auteur n'a pas donné assez de détails sur les moyens qu'il employait pour vérifier l'exactitude de ces expériences.

[1] Appendix to the narrative of second voyage of S. J. Ross. Philosophical observations on cold, page cxv.

« Les mêmes observations furent faites sur la neige avec des résultats semblables, 12 pieds de neige présentant autant de résistance au froid que 7 pieds de glace. » (Même note.)

Ce fut d'après ces expériences que Ross se détermina à couvrir de glace l'habitation qu'il avait élevée sur la côte Fury. On construisit des murs de neige que l'on mouilla avec de l'eau ; le toit avait de 7 à 8 pieds d'épaisseur, et était soutenu par des murs d'une grande solidité. Ce moyen réussit à préserver l'habitation contre l'intensité du froid tant que la température de l'air fut supérieure au point de la congélation du mercure; mais lorsque ce métal se solidifia, le froid pénétra vivement malgré les parois de glace, et d'autant plus facilement que le vent était plus fort.

On sait que c'est avec des blocs taillés dans la neige que les Esquimaux et les habitants de la Boothia Felix se construisent les huttes dans lesquelles ils passent l'hiver.

Nous avons trouvé dans d'autres relations de voyages quelques observations sur l'épaisseur des glaces qui s'étaient formées autour des navires retenus prisonniers dans ces mers inhospitalières. Toutes confirment celles de John Ross et d'Éd. Parry. On lit dans la relation du second voyage de ce célèbre navigateur (t. I, p. 186) : « Le 7 mars 1822, pour connaître l'épaisseur de la glace formée depuis les derniers mois de l'automne, un trou fut creusé dans la glace sur un point où elle n'avait éprouvé aucun

changement depuis le commencement de l'hiver et où nous l'avions vue commencer. L'épaisseur de la glace était de 7 pieds 7 pouces, elle était le produit de cinq mois d'hiver ; la glace était fragile et transparante jusqu'à 5 ou 6 pouces de sa surface inférieure, où elle devenait trouble et assez poreuse pour permettre à l'eau de mer de filtrer à travers ses espaces capillaires.

» L'épaisseur de la neige était de 4 pieds et demi le 3 juin 1822, et en cassant la glace pour prendre le large, son épaisseur était de 4 pieds ; mais dans les points où elle avait été soumise à une pression latérale, elle atteignait 10 pieds. »

Ed. Parry se trouvait alors à Winter Island. L. N., 66° 11'.

Ces diverses expériences et observations tendent à établir que la couche de glace qui se forme à la mer pendant un hiver est proportionnelle à l'intensité négative de la température, et qu'elle est généralement très-peu épaisse jusqu'au 74° 3/4 de latitude nord, latitude de l'île Melville, où les observations ont été faites. En admettant le chiffre de 5 mètres pour l'épaisseur maximum que la glace peut acquérir à la mer dans les régions polaires en deçà du 75°, sous une température extrême de — 47°, la température moyenne de l'année étant — 18°, nous croyons donner le chiffre le plus élevé possible.

Si nous cherchons à connaître maintenant quelle serait l'épaisseur maximum de la couche de glace qui se formerait sous le pôle nord, ou mieux en-

core au pôle de froid, nous trouverons qu'elle peut à peine offrir une augmentation de plus de 1 à 2 mètres.

En consultant les travaux des divers physiciens sur la température moyenne du pôle nord, nous voyons qu'elle a été fixée à 0° par Mayer de Gottengen, tem-température évidemment trop élevée; à —18° par M. Arago, dans le cas où la mer s'étendrait jusqu'au pôle, et à—32° dans le cas où ce serait au contraire un vaste continent. Ces chiffres sont malheureusement trop éloignés pour qu'on puisse adopter une moyenne comme expression approchée de la température du pôle.

Toutefois, les faits recueillis jusqu'à ce jour viennent constater que les régions polaires arctiques sont occupées par l'Océan, ou que tout au moins les terres qui peuvent s'y trouver sont séparées par de vastes canaux qui font communiquer entre elles les mers des continents arctiques. La disposition, la direction des courants et des glaces flottantes, l'immense quantité de champs de glace qui sont chaque année entraînés au sud, les débris de bois que l'on a rencontrés dans le détroit de Davis et dans la mer du Nord, débris qui proviennent évidemment des forêts de l'Amérique du Nord, ou qui ont été transportés par les fleuves qui vont se jeter dans ces mers; la disposition des lignes isothermiques, et spécialement celle de —5°, qui s'élève à une très-haute latitude sous le méridien de Paris et sous celui du 180°, sont autant de données sur lesquelles on peut fonder

l'opinion que la mer s'étend jusque sous le pôle arctique.

Ces considérations, l'étude comparative des lignes isothermiques, ont conduit Brewster à admettre d'abord que le pôle de froid ne coïncidait pas avec le pôle géographique, opinion que les physiciens ont généralement adoptée, et plus tard à soutenir qu'il existait deux pôles de froid dans l'hémisphère arctique : l'un au nord de l'Amérique, sous le 80° de latitude nord et 93° de longitude est, et un autre au nord de la Sibérie, sous le 80° de latitude nord et le 102° de longitude est.

Berghaus s'est livré, après Brewster, à l'étude de cet important problème, et a fixé sur ses cartes météorologiques deux pôles de froid : le pôle américain, sous le 78° de latitude nord et le 92° de longitude ouest, et le pôle de froid asiatique, sous le 73° de latitude nord et le 118° de longitude est.

Berghaus a de plus estimé que la température moyenne du pôle de froid ouest était : — 19° 7′, et celle du pôle est, — 17° 2′.

Ces conclusions ont été attaquées par M. Duperrey dans une note publiée dans le *Journal de l'Institut*, n° 517, année 1841. Dans cette note, ce savant, aussi connu par ses voyages d'exploration que par ses travaux sur la physique du globe, établit que nous ne possédons pas un nombre suffisant d'observations pour assigner la position géographique des pôles de froid. Il croit toutefois que ce pôle doit être placé au nord de l'Amérique, et que ce point de froid maxi-

mum est le seul qui existe dans le cercle arctique. Il rejette en conséquence la supposition du pôle asiatique de Berghaus et de Brewster, en faisant observer que les navigateurs ont trouvé la mer libre entre la Nouvelle-Zemble et le détroit de Béring en passant au nord de l'Asie, tandis que le capitaine Parry n'a pu franchir la barrière de glace permanente qui se trouve entre le Spitzberg et le pôle terrestre qu'il désirait atteindre, et que, par conséquent, la position du pôle de froid américain est de beaucoup plus basse que celle du pôle sibérien, que l'on place précisément dans des parages où les glaces n'ont point offert à la navigation d'obstacle insurmontable.

On voit dans cette note que M. le capitaine Duperrey, tout en faisant observer l'inexactitude des résultats obtenus par Berghaus, et en reppussant l'hypothèse d'un pôle de froid au nord de la Sibérie, se range à l'opinion de ce physicien sur la position approximative du pôle de froid américain.

Pour nous, d'après toutes les considérations que nous venons de rappeler, nous croyons que l'on doit admettre la position assignée par Berghaus au pôle de froid américain, et sa température moyenne de —19°7', comme des approximations assez bien établies.

En admettant que la température moyenne de ce pôle de froid soit —19° 7' (lat. N. 78°, long. O. 93°); et si au moyen des tables de température comparée dans les différents mois de l'année pour les lieux les plus voisins du point fixé pour le pôle de froid, nous recherchons quelle peut être la température du mois

le plus froid au pôle nord, nous arriverons à montrer que cette moyenne ne saurait atteindre —50°.

La température du mois le plus froid à l'île Melville, latitude nord 74° 47', longitude ouest 113° 8', a été de — 35°, la température moyenne de l'année —18° 7'.

Le port Bowen, lat. nord 73° 14', long. ouest 91° 15'; température du mois le plus froid —33°; température moyenne de l'année — 15° 8'.

Boothia Félix, latitude nord 70° 2', longitude ouest 94° 10'; température du mois le plus froid —35°; température moyenne de l'année —15° 7'.

L'île Igloolik, latitude nord 69° 19', longitude ouest 83° 23'; température du mois le plus froid —33°; température moyenne de l'année —16° 6'.

Nous voyons qu'aux latitudes de 69° 19', de 70° 2', 73° 14' et enfin de 74° 47', la température du mois le plus froid a varié de —33 à —35°, la température moyenne de l'année variant de —15° 7' à —18° 7'; c'est-à-dire que les températures moyennes des mois les plus froids ont présenté une différence de — 2° pour une différence dans les températures moyennes de —3°; par analogie, nous devons conclure qu'au pôle de froid, dont la température moyenne est —19° 7', un degré plus élevé qu'au delà du 74° lat., nous aurions pour la température moyenne du mois le plus froid une différence de 1 à 2°, savoir : —37°. Admettons qu'elle puisse être de —50°.

La glace conduisant très-mal le calorique, son épaisseur ne peut s'augmenter que sous l'influence

d'un froid prolongé, et cette épaisseur doit être proportionnelle, non pas au jour le plus froid de l'hiver, mais à la moyenne du mois le plus froid.

Si, sous la latitude nord de 75° 47′, l'épaisseur de la glace formée pendant le mois le plus froid, dont la température moyenne est — 35°, ne dépasse jamais 5 mètres, quelle épaisseur maximum pouvons-nous avoir pour une différence de 15°? Nous avons vu dans les expériences de Ross que l'épaisseur de la glace augmentait chaque mois avec l'intensité du froid; que, dans un lac d'eau douce, la glace avait un pied d'épaisseur de plus que la glace de la mer. La différence du point de congélation étant 2° 65′, on peut admettre que, pour une augmentation de froid de 2° 65′, l'accroissement de la couche de glace sera un pied. Car si nous supposions un instant que la température des terres qui entourent le lac d'eau douce vînt à s'élever de 2° 7′, nous devrions admettre que l'épaisseur de la glace, dans l'eau douce et dans la mer, devrait être semblable. En supposant donc que l'épaisseur de la glace s'accrût en rapport arithmétique avec l'intensité du froid, une différence de 15° dans la température donnerait une augmentation d'épaisseur de 5 à 6 pieds seulement, et les observations de M. Nicollet sur la conductibilité de la glace nous portent à croire que l'augmentation d'épaisseur, pour une augmentation de froid de 15°, serait à peine de 1 à 2 pieds, et l'on peut admettre que l'accroissement d'épaisseur de la glace se fait suivant une progression géométrique décroissante.

En sorte qu'en prenant les données les plus élevées possible, en supposant qu'au pôle de froid, la température moyenne de l'année étant — 19° 7', la température moyenne du mois le plus froid soit — 50°; en supposant que la couche de glace qui se forme dans les latitudes de 74° puisse atteindre 15 pieds d'épaisseur, tandis que les observations citées ne donnent pas une épaisseur de plus de 12 pieds, et souvent bien au-dessous, nous trouvons que l'épaisseur maximum de la couche de glace au pôle de froid ne dépasserait pas 20 pieds.

Ces calculs sont loin de présenter le degré d'exactitude que nous désirerions pouvoir apporter dans de semblables recherches; mais, privé d'observations directes, nous croyons devoir fonder une opinion approximative pour faire sentir l'exagération de certains voyageurs qui admettent, les uns, comme Powell, que la mer est parfaitement libre sous le pôle géographique, et d'autres qui supposent qu'il s'accumule des masses immenses de glaces dans la région polaire, et que ces masses, qui augmentent sans cesse de volume, menacent le monde d'un nouveau cataclysme.

Les glaces qui se forment à la mer sous le pôle de froid ne pourraient donc pas en un seul hiver, par la congélation de l'eau de la mer et par les couches de neige qui s'ajoutent à sa surface, atteindre une épaisseur de plus de 20 pieds, parce que, d'une part il tombe très-peu de neige sous des latitudes très-élevées et des températures très-basses, et que

d'autre part la glace est un très-mauvais conducteur du calorique.

En sorte que l'on devrait penser que les glaces flottantes n'acquièrent une grande épaisseur que lorsqu'elles restent accidentellement fixées sur les côtes, dans les baies, ou groupées près des îles, et cela à une latitude telle que les circonstances hygrométriques soient assez favorables pour qu'il tombe dans les saisons intermédiaires à l'hiver et à l'été une grande quantité de neige. Ainsi il a fallu certainement un grand nombre d'années pour former les glaces flottantes régulièrement stratifiées, présentant tous les caractères propres aux glaces qui se forment à la surface de la mer, lorsque leur hauteur atteint 30 à 40 mètres.

En pénétrant vers la terre Victoria, on trouva que les blocs de glace augmentaient de plus en plus de volume en conservant presque jusqu'à la terre leurs caractères d'horizontalité, et avec des faces perpendiculaires taillées souvent avec la plus parfaite régularité. Il est évident que des masses de 50 à 60 mètres d'élévation, qui ont souvent un, deux et trois milles de longueur, se sont nécessairement formées à la mer entre les côtes ou auprès des terres où elles ont été retenues pendant une longue série d'hivers ; et on ne peut admettre que des masses aussi énormes et aussi régulières aient pu se détacher des glaciers. On ne pourrait expliquer ainsi ni leur hauteur uniforme ni leur horizontalité.

Les masses qui se détachent des glaciers qui plon-

gent dans la mer (sous les eaux en glissant sur le fond) peuvent sans doute acquérir des volumes considérables, et les blocs que l'on a rencontrés couverts de graviers avaient certainement cette origine. Je ne crois pas cependant qu'elles puissent égaler les masses dont nous parlions tout à l'heure.

Quelques géologues sont peu disposés à admettre que les glaciers des côtes pénètrent dans la mer; cependant, si le fait n'eût pas été vérifié par l'observation, on aurait pu l'admettre *à priori*. La cohésion de la glace, quelque grande qu'elle soit, ne pourrait soutenir, contre les parois d'un glacier qui ne plongerait pas à la mer, que des masses d'un très-petit volume, comparativement à celles qui ont plusieurs milles de longueur; l'influence des marées ne saurait non plus détacher des glaciers des masses considérables. Les eaux de la mer oscillant dans ces parages de —1° à +2° ne peuvent fondre et mettre en surplomb des masses bien considérables en un petit nombre d'heures; leur action, en se répétant un nombre infini de fois, peut sans doute produire de grands résultats, mais en détachant seulement des blocs de petit volume.

L'action de la lame sur le front des glaciers des côtes forme souvent des excavations, des voûtes au niveau de la mer, de manière à imiter les arches d'un pont; le même effet se produit sur les masses flottantes, mais cette action incessante ne peut pas détacher de grandes masses. Le plus souvent, lorsque les eaux sont à une température un peu au-dessus de 0,

elles mettent la partie inférieure en fusion ; et bientôt sous le choc de la lame, la masse arrivée à un équilibre très-instable chavire en élevant vers le ciel les aiguilles, les colonnes qui seules sont restées de la partie inférieure mise en fusion ou détruite par la lame.

Pour nous résumer, nous croyons que les champs de glace de 1 à 2 mètres de hauteur peuvent se former en pleine mer et sous des latitudes peu élevées dans les conditions que nous avons indiquées, que les banquises dont la hauteur varie de 3 à 30 mètres et plus se forment près des côtes, dans les bras de mer qui séparent les terres sous la protection d'une ligne d'îles ou de champs de glace qui arrêtent leur progrès au sud. Ces glaces flottantes ont en général pour caractère commun des formes qui se rapprochent du parallélipipède; leur surface supérieure est horizontale, leurs flancs taillés à pic : elles paraissent toujours être les débris d'un immense plateau qui est divisé en parties de même hauteur.

Mais les masses qui se détachent des glaciers proprement dits qui descendent sur le flanc des montagnes, sont infiniment moins considérables que les premières et affectent les formes les plus irrégulières. A mesure que l'on s'éloigne des côtes, les caractères d'origine s'effacent peu à peu, et à la dernière ligne extérieure des glaces flottantes il devient beaucoup plus difficile de les distinguer par leurs formes. J'insiste sur cette considération, qu'il ne peut se détacher des glaciers des côtes des masses considérables qu'à la condition que ces glaciers pénètrent dans la

mer; ce qui ne peut manquer d'arriver toutes les fois que la température de la mer est au-dessous de 0°, température qui, d'après les sondes, se maintient à peu près égale dans une couche de plus de 400 mètres; et je conclus de ce fait que les glaciers des côtes peuvent strier les roches au-dessous du niveau de la mer, et à une profondeur proportionnelle à l'épaisseur de la masse.

Les navigateurs qui ont pénétré dans les glaces australes après avoir navigué sous le cercle boréal, ont tous fait observer que les glaciers, les banquises et les glaces flottantes avaient, dans l'hémisphère sud, une étendue et une puissance beaucoup plus considérables que dans l'hémisphère nord. On en a conclu que la température générale de l'hémisphère sud était inférieure à celle de l'hémisphère nord, et conséquemment que le continent antarctique, et son pôle de froid devaient avoir des températures de beaucoup inférieures à celles du nord. On a conclu de l'étendue des glaciers à la diminution de la température moyenne, ce qui n'est pas extrêmement logique, comme nous le démontrerons dans un des chapitres suivants. Nous n'avons pas assez de données sur la température moyenne de l'hémisphère sud pour tracer les lignes isothermes de ce monde encore si nouveau pour nous; toutefois en comparant la température moyenne des villes établies sur les côtes de l'Amérique méridionale, de la terre Van-Diémen et divers autres lieux, nous allons essayer de montrer que jusqu'au 53° de latitude sud, la tempéra-

ture moyenne des villes situées dans les mêmes conditions dans les deux hémisphères ont une température semblable.

Si nous comparons la température moyenne des différents lieux aux mêmes latitudes que le port Famine, 53° lat. sud, nous trouvons que la température moyenne du détroit de Magellan est supérieure à toutes les moyennes des lieux situés sur la côte nord d'Amérique, et ne se trouve inférieure qu'à la température moyenne des villes de l'Angleterre et de quelques autres points de l'Europe occidentale, qui, comme on le sait, jouit d'une température moyenne infiniment plus douce que toutes les autres parties du monde aux mêmes latitudes : exception qui paraît due aux courants équatoriaux qui baignent ses rivages, à la disposition péninsulaire des terres et à l'influence des vents du sud-ouest. La température moyenne du port Famine est d'un degré plus élevé que celle de l'Iloulouk (Amérique russe) située par la même latitude au nord 53° 52′ et dans les mêmes conditions climatériques. Si nous comparons de la même manière la température de Hobart-Town, latitude sud 42° 45′, nous trouvons que sa température moyenne 11° 3′ est supérieure à celle des diverses villes du littoral de l'Amérique (nord), à celle de Medfield 8° 2′ (42° 15′ lat. nord), à celle de Boston 9° 3′ (42° 21′ lat. nord), est presque égale à celle de Sévastopol 11° 5′ (Crimée, lat. 44° 35′). La température moyenne de la ville du Cap (Afrique, 33° 56′ lat. sud), 19° 1′, se trouve supérieure à celle de Sa-

vannah, 18° 1′ (Caroline, 32° 5′ lat. nord), de Nangassauki, 18° 3′ (Japon, 32° 45′). Il en est de même pour Paramatta (Nouvelle-Hollande), pour Rio-Janeiro.

On trouve presque partout des résultats semblables, des températures supérieures à celle de l'Amérique (nord), inférieures à celle de l'Europe, égales ou supérieures à celle de l'Asie, lorsqu'on compare les lieux situés dans des conditions climatologiques semblables.

En étendant ces investigations à toutes les villes de l'hémisphère austral, nous avons vu bien nettement que ces villes ont une température moyenne très-semblable à celle des villes aux mêmes latitudes, dans l'hémisphère boréal. Et cependant beaucoup de voyageurs et de physiciens ont admis que l'hémisphère austral était plus froid que l'hémisphère nord; on a même fixé cette différence à 5°. Nous pensons que cette opinion n'est pas exacte, et que l'hémisphère austral a une température moyenne égale à celle de notre hémisphère; mais il est vrai de dire que la distribution de la chaleur y est extrêmement différente : dans l'hémisphère nord, nous avons de vastes continents dans lesquels les températures sont extrêmes; dans l'hémisphère austral, au contraire, la température varie très-peu dans les différentes saisons, en sorte que les voyageurs sont étonnés d'y trouver des étés très-frais et des hivers tempérés.

On a cherché à expliquer par quelques faits astronomiques cette différence de température, différence que l'on avait admise avant de l'établir sur des ob-

servations exactes. Dans l'état actuel de la science météorologique, on est loin d'avoir un assez grand nombre d'observations pour résoudre d'une manière définitive ce problème des températures moyennes des deux moitiés du globe; on ne possède non plus aucune série de faits sur lesquels on puisse appuyer l'opinion que nous avons combattue.

L'atlas de météorologie de Berghaus donne un assez grand nombre de lignes isothermes dans l'hémisphère sud; malheureusement, ces lignes n'ont pas été tracées d'après un aussi grand nombre d'observations que celles de l'hémisphère nord, et par conséquent elles ne présentent pas le même degré d'exactitude.

Chaque fois que nous avons consulté ces cartes, nous avons été frappé de la disposition presque régulière de ces lignes, de leur parallélisme avec les cercles de latitude; elles sont difficilement comparables à celles du nord. Nous avons cependant essayé de comparer les deux lignes isothermiques de —5°, qui sont celles sur lesquelles, soit au nord, soit au sud, on rencontre ordinairement les banquises de glace. Dans l'hémisphère boréal, cette ligne isothermique suit une courbe très-irrégulière, qui s'élève dans la mer du Nord, au delà du Spitzberg, jusqu'au 82 ou 83° de latitude nord, où elle atteint les banquises, puis descend, en suivant les glaces du Groënland, sur le continent américain; d'autre part, elle s'abaisse sur l'Asie, et forme ainsi deux longues courbes concaves en atteignant la latitude de 53 à 55°

de latitude nord; puis elle remonte dans le détroit de Béring, où elle forme une inflexion semblable à celle de la mer du Spitzberg (1).

La ligne isothermique de 0° suit dans l'hémisphère sud, d'après Berghaus, le parallèle de 60°, en ne faisant avec lui qu'un très-petit nombre d'oscillations; on peut tracer par le calcul la ligne de —5° en tenant compte du nombre de degrés que l'on parcourt pour des différences isothermiques de 1° dans chaque zone, de l'équateur à la ligne de 60°. On reconnaît alors que cette ligne de—5° doit osciller au sud entre les parallèles de 64 et 66° de lat. sud, en formant des courbes convexes au nord vers les îles Sandwich et la terre Adélie, et des courbes concaves vers le 30° de long. est et le 105° de long. ouest. La ligne isothermique de —5° dans l'émisphère nord oscille entre le 82 et le 55°.

La ligne isothermique de—5° se présente, dans l'hémisphère sud, d'une manière plus régulière qu'au nord, et se trouve en rapport avec la limite des banquises, dont la position géographique est à peu près connue depuis les dernières expéditions au pôle sud, et spécialement celles de d'Urville, de Wilkes et de James Ross. La ligne sur laquelle on rencontre les banquises flottantes présente des oscillations considérables autour du 66° parallèle; elle forme deux courbes convexes au nord vers les îles Shetland et la terre Adélie par les 61 et 65° lat. sud, et deux courbes inverses vers les long. ouest 105° et est 30°.

Les détails dans lesquels nous sommes entré sur la

1 Météorologie de Kaemtz, traduite par Ch. Martins, p. 197.

température de l'hémisphère austral sont d'un grand intérêt dans la question que nous traitons. En effet, quelques navigateurs, frappés des dimensions considérables que présentent les banquises et les glaces flottantes autour du continent austral, ont cherché à répandre cette idée, que la zone polaire australe a une température de beaucoup inférieure à celle du pôle nord. Nous croyons que cette opinion est mal fondée, et que les régions polaires australes ont une température moyenne très-semblable à celle du pôle boréal. On pourrait objecter que cet immense continent, qui semble avoir à peu près trois fois l'étendue de l'Europe, devrait, par sa position même, donner lieu à des froids de la plus grande intensité. Mais ce continent est entouré de toutes parts par l'Océan, qui conserve autour de cette vaste contrée une température moyenne extrêmement douce. Et le pôle nord, pendant l'hiver, n'est-il pas entouré de terres bien plus étendues? Les vastes déserts de l'Amérique du Nord, les immenses steppes de la Sibérie, toutes ces terres recouvertes de neige pendant l'hiver, ne doivent-elles pas donner lieu à des phénomènes semblables? Rien, en effet, ne peut faire supposer que cette température soit notablement différente dans les deux hémisphères : seulement la distribution de la chaleur y est en rapport avec la disposition relative des terres et des mers.

Nous pensons que les dimensions énormes des banquises et des glaces flottantes que l'on observe dans l'hémisphère austral sont en rapport avec les

conditions climatologiques du climat, et ne dépendent point d'une diminution dans la température de l'hémisphère. En effet, on a établi depuis longtemps que les glaciers se trouvaient en fonction des conditions hygrométriques du climat et des températures extrêmes de l'été, et il est impossible d'imaginer des dispositions plus favorables à la formation et à l'extension des glaciers; car tous les vents qui soufflent du large sur les terres antarctiques viennent condenser toute la vapeur d'eau dont ils se sont saturés sur l'Océan; et d'autre part, les étés doivent y être aussi doux, aussi frais qu'il est possible de l'imaginer. Les conditions qui favorisent l'extension des glaciers, climat insulaire, terres découpées, continent s'étendant au nord, entouré d'une vaste mer d'une température très-douce, conditions hygrométriques, température peu élevée de l'été; toutes ces circonstances de géographie physique concourent à donner aux glaciers et aux glaces flottantes qui se forment dans les découpures de ces terres toute l'importance possible.

On ne doit point s'étonner du peu d'épaisseur que présentent les glaces qui se forment à la mer, sous le pôle de froid nord ou sous le pôle géographique, quand on réfléchit aux causes réunies qui s'opposent à l'accroissement de leur épaisseur. La cause la plus importante est le peu de conductibilité de la glace et de la neige, de telle sorte que sous un froid de —47° la température reste à—2° 70' sous un plateau de glace et de neige de 8 à 10 pieds d'épais-

seur; d'autre part, tous les navigateurs qui ont hiverné au delà du cercle polaire nord ont noté l'extrême sécheresse de l'air pendant l'hiver : pendant les mois les plus froids il ne tombe jamais de neige dans ces hautes latitudes; il neige seulement au printemps et à l'automne, et si on observe que les glaciers se trouvent toujours en fonction des qualités hygrométriques des climats d'une part, et des températures extrêmes de l'été d'autre part, nous devons reconnaître que le pôle nord ne présente pas les conditions les plus favorables à la formation des glaciers et des glaces flottantes.

On sait du reste que dans les divers voyages qui ont été tentés pour atteindre le pôle boréal, les intrépides explorateurs qui se sont efforcés par des marches rapides de s'élever vers le nord, se trouvaient bientôt arrêtés dans les latitudes élevées par le peu d'épaisseur des glaces qui ne pouvaient les soutenir, et plusieurs ont vu la mer libre au delà des champs de glace qu'ils n'avaient pu traverser. Tous ont cité les courants qui entraînaient les glaces flottantes vers le sud, de telle sorte que souvent ils avaient pu à peine, dans une journée, faire quelques milles au nord, entraînés qu'ils étaient par le mouvement général des champs de glace vers le sud.

Nous pensons que c'est au pourtour du continent antarctique que se font les plus grandes accumulations de glace, parce que c'est dans ces points que se trouvent réunies toutes les conditions favorables à l'augmentation des glaciers et des glaces flottantes.

L'épaisseur des plateaux n'est pas du tout en rapport avec la rigueur du climat; les froids excessifs de l'hiver ne peuvent accroître les glaces que de quelques pieds. Les conditions les plus favorables à leur formation étant une température qui oscille de quelques degrés au-dessus et au-dessous de 0°, le voisinage de la mer, des terres découpées, dans lesquelles les radeaux de glace puissent rester fixés pendant une grande série d'hivers, des courants peu rapides, des terres élevées, des chaînes de montagnes, des groupes d'îles autour desquelles viennent se fixer les glaces flottantes, sont les conditions éminemment propres au développement des glaciers et des glaces de la mer; et elles nous paraissent plus favorables au pourtour du continent antarctique que partout ailleurs. Mais rien ne nous paraît aussi problématique que les accumulations de glace que l'on suppose au pôle antarctique, soit que ce continent représente une terre continue, ou des groupes d'îles séparées par des canaux, des bras de mer; car il est très-rare qu'il neige lorsque la température atteint une intensité négative de —20° : plus la température s'abaisse, moins l'air contient de vapeur d'eau; les glaciers et les glaces flottantes ne pouvant augmenter que par les couches de neige qui s'ajoutent à leur surface; vers les pôles de froid et les pôles géographiques, leur accroissement est limité par la sécheresse de l'air et l'excès négatif de la température.

Les navigateurs et les baleiniers qui ont fréquenté

les mers polaires savent reconnaître à la coloration des nuages la présence et l'état d'une banquise, et cela à une grande distance. Près des banquises ou des champs de glace, les nuages sont ordinairement d'une blancheur éclatante, produite par la réflexion des rayons obliques du soleil sur les couches de neige. Lorsque la mer est libre au delà d'une banquise, on distingue une ligne blanche, et plus loin on voit reparaître la teinte sombre du ciel polaire.

Plusieurs officiers de *l'Astrolabe* ont fait observer que les banquises et les champs de glace n'étaient pas d'une horizontalité parfaite, mais présentaient en général une inclinaison uniforme vers la mer. Nous pensons que le choc des lames qui viennent du large et qui occasionnent des excavations profondes sur toute la ligne extérieure de la banquise produit cette inclinaison, en modifiant la condition d'équilibre d'un même côté et sur toute une ligne de bancs de glace.

Lorsque des blocs de glace ont été détachés des glaciers, ils s'en éloignent en oscillant, et forment autour des côtes des groupes, des nappes, des lignes que l'on trouve très-souvent concentriques comme nous l'avons déjà indiqué. Un fait assez remarquable, c'est qu'on rencontre généralement un canal libre entre la côte et les glaces qui s'en sont détachées; et c'est presque toujours en suivant ces canaux que les explorateurs sont arrivés aux latitudes les plus élevées. C'est ainsi que l'on a reconnu les côtes de la Boothia Félix, du Groënland jusqu'au 77°, et que

James Ross a pénétré jusqu'au 78° de latitude sud.

Les champs de glace (*fields of ice*) qui se sont formés autour des terres ou à la mer, et qui généralement sont horizontaux et unis comme de vastes plaines couvertes de neige, ne se trouvent point, dans leurs migrations, dans les mêmes conditions que les îles de glace ou les blocs qui se sont détachés des glaciers. Les premiers, en raison de leur peu d'épaisseur, sont entraînés par les vents, qui sont presque sans action sur les blocs provenant des glaciers, ceux-ci étant à la fois plus denses et plus volumineux. Les courants paraissent seuls avoir de l'influence sur ces masses, qui plongent dans l'eau à une profondeur égale à huit ou neuf fois leur hauteur au-dessus du niveau de la mer [1].

Les champs de glace sont entraînés plus rapidement que les îles et les îlots, et disparaissent rapidement à la mer, par la température de l'air et de l'eau à une latitude moins élevée. Les îles et les blocs de glace, en raison de leur volume, de leur texture compacte et dure, fondent très-difficilement et parviennent sans se fondre à des distances très-considérables; ainsi on en voit très-souvent aux environs du cap de Bonne-Espérance jusqu'au 30° et 35° de latitude sud. Sur la côte américaine, on en a vu par des latitudes encore moins élev ées.

[1] La glace compacte des glaciers a une densité qui varie entre 0° 90' et 0° 92', l'eau distillée à son maximum de densité étant prise pour unité. — Les glaces formées à la mer ont une densité très-variable, on l'estime de 0° 84' à 0° 90'; leur rapport de flottaison est par conséquent très-variable : on le fixe généralement à 1° 9' pour le maximum de densité, et à 1° 7' au minimum.

Les glaces flottantes, lorsqu'elles ont une épaisseur et un volume un peu considérables, cheminent généralement en se tenant à la même distance relative, en sorte qu'un navire amarré entre quelques glaces peut dériver de plusieurs milles et cheminer avec elles sous l'influence des courants qui les entraînent, sans courir le danger d'être brisé par leur rapprochement. Les navigateurs qui ont parcouru les mers glaciales ont fait observer qu'il faut éviter de se placer auprès de ces grandes îles de glace, parce qu'il arrive fréquemment qu'elles se fendent en masse, avec un bruit semblable à une détonation d'artillerie, et que les débris qui se détachent peuvent écraser les navires, ou les submerger par les masses d'eau qu'ils soulèvent en plongeant dans la mer. C'est surtout sous l'influence des vents tièdes du sud-ouest que Scoresby a observé ces phénomènes, et il cite plusieurs naufrages dus à la destruction subite d'îles de glace qui s'étaient fendues et divisées subitement. Les grandes débâcles de glace, d'après les observations que nous avons recueillies dans les relations de voyages, paraissent se faire dans le courant de février au pôle sud, et dans le courant de juillet au pôle nord; la température extrême de l'été, dans les hautes latitudes de ce dernier hémisphère, correspond au 8 et 10 juillet. On a observé que la présence des glaces amenait toujours une diminution bien manifeste dans la température de l'atmosphère et de la mer. Des expériences ont été faites plusieurs fois, et ont démontré qu'à

une distance de 2 ou 3 milles la colonne thermométrique descendait de quelques degrés, et qu'à une petite distance de l'île flottante elle était à peine de 3 à 4° au-dessus de 0. Elles peuvent par conséquent modifier la température sur les côtes où elles vont échouer [1].

La présence des glaces diminue aussi l'intensité de la coloration de la mer, et quelques personnes ont pu prévoir le voisinage des glaces à ce caractère des eaux.

On a longtemps douté que les glaces flottantes pussent transporter des blocs erratiques d'un volume considérable; mais aujourd'hui on connaît un si grand nombre de faits qui témoignent de leur puissance de transport, qu'elle est tout à fait incontestable; nous ferons remarquer seulement que ce sont probablement les plateaux qui se sont formés dans les anfractuosités des côtes qui doivent transporter la plus grande masse de débris. Il est probable que les blocs erratiques à arêtes vives sont immédiatement emportés loin des montagnes dont ils ont été

[1] M. Couthoy, Bibliothèque universelle de Genève, 2e série, vol. XLI, 1843. En août 1827, sur le Grand-Banc, par 43° 30' lat. nord et 48° long. ouest, M. Couthoy vit un grand bloc de glace échoué sur un fond de 80 ou 90 brasses. La brise était légère; mais un remoua venant de l'ouest le faisait osciller et trembler violemment sur sa base, qui broyait le sol sur lequel il reposait. On voyait sur les côtés de la masse de glace de gros blocs de roche et de matières terreuses qui y étaient incrustés, et la mer était troublée à plus d'un quart de mille de distance par le sable et par le limon que la glace soulevait en balayant le sol. Il s'affaissa avec un grand bruit et disparut en soulevant des flots de limon à 1 mille de distance.

séparés par les îles de glace qui se détachent des glaciers.

Ces îles paraissent se briser en fragments plutôt que fondre régulièrement lorsqu'elles parviennent dans les mers tempérées. Arrivées sur des bas-fonds, souvent elles échouent à marée basse, et sont remises à flot à la marée montante. Sous l'influence du courant qui les soulève peu à peu au-dessus du sol, pourraient-elles, par leur poids et par leurs mouvements, strier les roches du fond dans une même direction?

Au moment où les glaces échouent sur une plage ou sur un banc de sable, on les voit exécuter des mouvements d'oscillation dans plusieurs sens, et elles soulèvent alors des masses de sable et de limon; les secousses multipliées qu'elles éprouvent amènent rapidement leur désagrégation, et bientôt elles se divisent en faisant entendre des bruits que l'on a comparés à des détonations d'artillerie.

Les banquises qui entourent les terres ou qui s'étendent d'une terre à l'autre dans les hautes latitudes; les champs de glace qui se forment loin des côtes sont évidemment extrêmement mobiles; mais dans quelles limites peut-on les rencontrer? La différence pourra-t-elle être de 1 à 5° en latitude de 1 à 20°? Nous avons des exemples incontestables, pour le pôle sud, que les banquises sont mobiles dans les limites de quelques degrés de latitude, de 1° à 5° par exemple, en comparant les relations des divers voyageurs; mais il existe une exception extrêmement remarquable et que nous avons déjà signalée, celle

de la navigation de Weddel jusqu'au 74° 15′ sous le méridien 33° 35′ long. ouest qu'il atteignit le 15 février 1823. Sur ce même méridien, l'amiral d'Urville n'a pu atteindre à la même époque de l'année le 64° parallèle, et Ross, dans les mêmes parages, n'a pu dépasser le 65° 15′ de latitude sud malgré les plus grands efforts. Bien qu'au premier abord il répugne à la raison que dans une autre année il ait été possible de parvenir jusqu'au 74°, et cela sans aucune difficulté, il faut avouer cependant que nous trouvons dans les deux premières campagnes de Ross un exemple des différences énormes que peuvent présenter les banquises à deux époques différentes. Ainsi, dans sa deuxième expédition, il rencontre les glaces à 300 milles plus au nord que l'année précédente, c'est-à-dire 5°; et cette banquise, qu'il avait traversée précédemment en 4 jours en parcourant 200 milles, il ne put la franchir la seconde fois qu'en 46 jours, en faisant 400 milles au milieu des glaces flottantes. Il est bien évident que ces glaces n'étaient en rien comparables à celles qui emprisonnèrent l'*Astrolabe* du 4 au 9 février 1838, et dans lesquelles, sous le vent le plus violent et toutes voiles dehors, on faisait à peine un demi-mille à l'heure.

Si, lorsque Ross s'est présenté la seconde fois devant la banquise elle eût été aussi impénétrable que celle qui arrêta l'*Astrolabe* sous le 64° parallèle dans les parages de New-South-Orkney, et plus tard Ross lui-même sous le 65°. Cet habile navigateur aurait pu, en 1841, atteindre le 78° et être arrêté,

l'année suivante par une barrière infranchissable sous le 63°. Dans cette occasion, Ross se serait trouvé dans la position de Wedell.

On peut très-facilement expliquer comment une banquise, qu'on traverse aisément à une époque donnée, peut devenir impénétrable peu de temps après ; les banquises, comme nous l'avons déjà dit, présentent des lignes concentriques de glaces. La ligne extérieure se composant de blocs moins volumineux que ceux qui suivent, et ceux-ci moins considérables que ceux qui sont plus au sud, il en résulte que, si nous supposons qu'un vent violent souffle pendant plusieurs jours vers le sud, tous ces blocs se mettront en mouvement, mais proportionnellement à leur masse, de telle manière que les plus petits fragments se réuniront à ceux qui les suivent, ces deux lignes à la troisième, et formeront ainsi peu à peu une masse de plus en plus compacte ; si la température vient à s'abaisser de quelques degrés au-dessous de 0, il est bien évident que cette banquise nouvellement reformée sera complétement impénétrable. Si le vent eût soufflé dans le sens opposé, l'effet eût été contraire, le vent du sud aurait rendu la voie plus facile en dispersant les blocs.

Les banquises sont essentiellement mobiles, surtout quand elles ne s'appuient pas sur des groupes d'îles qui peuvent les fixer, et arrêter leur marche vers les régions tempérées. Il est assez difficile de dire dans quelles limites elles le sont au sud, mais au

nord les voyages ont été assez nombreux pour pouvoir déterminer ces variations. C'est un travail qu'a ébauché Scoresby, *An account of arctic regions.* Mais ce travail, tout incomplet qu'il est, prouve d'une manière évidente que les variations sont très-considérables.

CHAPITRE IV.

Détroit de Magellan et Terre de Feu.

Le détroit de Magellan, depuis sa découverte en 1520, fut fréquemment visité par les Anglais, les Espagnols, et aussi par quelques aventuriers qui armèrent des bâtiments dans l'espoir de piller des établissements qui n'avaient jamais existé. On ne compte pas moins de quinze expéditions de 1520 à 1697, et ce qu'il y a de remarquable, c'est que ces navigateurs, la plupart, il est vrai, maltraités par la fortune ou par la mer, ne nous ont rien appris sur cette partie de l'Amérique méridionale.—Ce fut peut-être même à eux que l'on dut les fables ridicules sur la taille et les mœurs des Patagons, fables qui ne furent complétement repoussées qu'après les voyages de Biron, de Bougainville et de Samuel Willis ; si nous nous demandons ce que ces expéditions ont recueilli sur l'histoire naturelle de ces terres, nous devons avouer qu'elles furent complétement nulles pour la science. — Bougainville nous a laissé, il est vrai, une descrip-

tion de ces terres, mais ce n'est qu'un dessin pittoresque. — Pour Biron, sa fougueuse imagination a plutôt créé que reproduit les magnifiques tableaux qu'il a décrits dans son journal de voyage. C'était aux capitaines Parker King et Fitz Roy qu'était réservée la gloire de donner des cartes exactes et les premières notions scientifiques sur la Patagonie et la Terre de Feu. Leurs deux expéditions, en 1826 et 1834, répondirent pleinement aux vœux des géographes et dotèrent l'histoire naturelle de découvertes importantes. Nous avons eu recours aux notes données par M. Darwin dans son journal de voyage *Researches into the geology and natural history*, et dans son mémoire publié en 1841, intitulé : *On the distribution of the erratic boulders and the contemporaneous unstratified deposits of South America.* — Nous avons trouvé aussi quelques observations dans la relation historique du voyage : *Narrative of a surveying voyage of Adventure and Beagle*, par Parker King. Nous avons donné, dans notre *Étude générale de la géologie de l'Amérique méridionale*, un résumé des travaux de M. Darwin, et nous avons emprunté des notes étendues à cet auteur sur les deux questions qu'il a étudiées avec un talent d'observation si remarquable : le soulèvement du sol de l'Amérique et la formation des terrains de la Patagonie. Nous espérons qu'en réunissant les connaissances que nous avons acquises par la lecture de ces ouvrages à celles qui ont été recueillies pendant le mouillage de l'*Astrolabe* et de la *Zélée* au havre Pecket, au port Famine et au port

Galant, nous pourrons donner avec quelque exactitude l'histoire géologique des terrains qui composent cette partie de l'Amérique du Sud.

Havre Pecket.

Le 12 décembre 1836, les corvettes l'*Astrolabe* et la *Zélée* pénétrèrent dans le détroit, dont l'entrée est indiquée aux navigateurs par le cap des Vierges et par les quatre pics de montagnes connus sous le nom de quatre fils d'Aimon. Le cap des Vierges forme l'extrémité S.-O. des pampas ou vastes steppes de la Patagonie, immenses plaines couvertes d'une végétation qui leur est propre, d'un aspect misérable, habitées seulement par quelques tribus nomades qui poursuivent dans ces vastes solitudes les troupeaux de guanaques qui servent à leur nourriture.

Le cap présente une falaise de quelques mètres de hauteur, et de là les terres s'élèvent peu à peu vers une série de montagnes auxquelles appartiennent les quatre fils d'Aimon. — Au S.-O., de l'autre côté du détroit, il existe aussi des plaines immenses d'une très-grande stérilité, qui semblent sortir à peine du sein de la mer; elles s'appuient à une ligne de montagnes peu élevées, et qui se dirigent du N.-O. au S.-O. Le fond de mer qui sépare les deux terres, Patagonie et Terre de Feu, présente une uniformité remarquable. Les sondes donnent une profondeur qui va en augmentant régulièrement des deux bords au milieu du goulet, où l'on trouve vingt à trente brasses.

Les baies Domas et Possession présentent d'énormes bancs de sable, de gravier, de coquilles brisées, des galets assez volumineux qui sont déposés par le remous des courants qui règnent constamment dans le détroit et qui laissent déposer les matériaux qu'ils charrient dès que leur vitesse diminue dans un canal plus vaste et à quelques milles de la pleine mer. En franchissant le premier goulet, on aperçoit au delà des falaises ces mêmes plaines de la Patagonie, si tristes, si sauvages; elles offrent le même aspect et la même élévation des deux côtés du détroit, et paraissent avoir été relevées à la fois et par le même soulèvement.

Le détroit s'élargit dans les baies de Santiago et de Saint-Philippe, creusées dans les terres basses qui s'appuient, les unes au N., sur les monts Gregory (N. E. S. O.), les autres à une série de collines qui ont la forme de dunes énormes. Les falaises dans le second goulet sont plus élevées que dans les parties que nous venons de traverser ; leur élévation semble la même des deux côtés du détroit ; elles paraissent formées de couches régulièrement stratifiées ; les diverses anfractuosités que présentent ces côtes sont remplies de galets qui s'y accumulent par l'action continue des courants rapides qui règnent dans ces contrées. Lorsqu'on a dépassé le cap Saint-Vincent et Nuestra Señora de Gratia, le détroit s'élargit de nouveau et offre un tout autre aspect : on ne voit à l'horizon que des terres extrêmement basses; les monts Gregory ont disparu au N. E. ; c'est à peine si

au S. E. on peut distinguer quelques-unes des dunes de sable que nous avons signalées dans les plaines de la Terre de Feu. La mer est semée d'îles, et cache en différents points des bancs de sable, d'argile, de graviers et de coquilles brisées, qui sont difficiles à éviter; on les rencontre le plus souvent autour des petites îles ou dans les points où le détroit s'élargit tout à coup. Le fond de mer, dans les parties du détroit qui présentent des îles, est généralement très-irrégulier; il ne dépasse nulle part trente brasses. Les côtes sont coupées par de petites baies assez profondes, très-sûres pour de petits navires : le havre Pecket, le havre Orsy et la baie Gente-Grande. Les deux corvettes mouillèrent dans le havre Pecket, lorsque, revenant sur leurs pas après avoir visité le détroit, elles se disposaient à faire leur première campagne vers les glaces australes. Il est malheureux que la passe du havre Pecket ne permette pas aux grands bâtiments de pénétrer dans la baie; ils y trouveraient un excellent abri pendant les coups de vent si fréquents dans ces parages. Les deux pointes qui s'avancent au S., qui, avec l'île *Direction*, forment l'enceinte méridionale du havre Pecket, sont assez élevées et sont couvertes de broussailles.

Le havre Pecket est une des localités les plus favorables à l'étude des formations qui composent le sol de la partie méridionale de la Patagonie.

On y rencontre deux formations distinctes qui ont une puissance considérable; la formation tertiaire patagonienne, recouverte partout par une couche

considérable de cailloux et de graviers roulés, et sur laquelle repose une formation erratique très-puissante et d'un très-haut intérêt ; cette dernière formation se confond et s'associe, dans quelques points, avec celle des graviers roulés, mais est parfaitement distincte dans plusieurs localités.

Le sol, au havre Pecket, forme une vaste plaine complétement dépourvue de bois et de courants d'eau et présentant à une petite distance des côtes des dunes de sable régulièrement disposées et entre lesquelles on rencontre des marais d'eaux saumâtres ou salines peuplés d'une multitude d'oiseaux. Ces salines sont parfaitement semblables à celles qui ont été décrites par M. d'Orbigny dans son ouvrage sur la géologie de l'Amérique méridionale.

Les terres s'élèvent à l'ouest et au nord, et présentent une pente sensible ; les montagnes qui les dominent au nord-ouest et au nord, forment de longues lignes de faîtes d'une régularité remarquable et de la même hauteur ; ce sont les analogues des montagnes en forme de table de la Patagonie. Ce sol est entièrement couvert du dépôt de graviers roulés qui s'est formé sur les couches supérieures du terrain tertiaire, et ce dépôt est caché lui-même dans un très-grand nombre de localités par les couches puissantes de la formation erratique.

Nous n'avons pu étudier que les couches supérieures de cette formation tertiaire ; elles présentent des couches de grès plus ou moins fins de couleur pâle, renfermant des masses concrétionnées par des

incrustations calcaires et des lits de graviers; on y rencontre aussi des fragments de gypse. Ces couches sont disposées horizontalement sur toute la côte et ont été profondément coupées et ruinées par l'action des eaux probablement à l'époque où elles ont été soulevées. Nous y avons trouvé un certain nombre de coquilles fossiles : l'*ostrea patagonica* (d'Orb.), *des cardium*, des *vénus*, des *mactra*, des *voluta* en trop mauvais état pour être spécifiquement déterminés; le *fusus patagonicus*, la *turritella ambulacrorum* et la *turritella patagonica*. Quelques couches extrêmement minces présentaient une composition particulière; elles étaient formées d'une terre blanchâtre très-fine qui ne se dissout point dans les acides, qui est en partie fusible au chalumeau et qui paraît être formée par des débris de pierres ponces ou par des cendres volcaniques; elle a très-probablement une origine volcanique. Nous n'avons pu suivre ces dépôts dans l'intérieur des terres; le peu de temps que nous avons passé par ce point ne nous ayant pas permis de nous éloigner des côtes.

Au-dessus de ces formations tertiaires on rencontre une couche de cailloux roulés d'environ 10 à 20 pieds d'épaisseur et qui appartiennent à des roches porphyriques, granitiques, schiteuses. On y rencontre des fragments de roches volcaniques et un nombre considérable de roches appartenant aux schistes micacés et aux schistes argileux que nous étudierons plus loin dans le détroit. Cette couche est tantôt à nu, tantôt recouverte par des couches

très-puissantes de terrain erratique. Ce dépôt recouvre surtout les terres à l'ouest. Les officiers envoyés pour reconnaître la mer intérieure, l'Otway-Water, ont rencontré ce dépôt qui occupe, aux pieds des montagnes qui forment à l'ouest la presqu'île de Brunswick, un espace très-considérable. Les officiers chargés, d'autre part, de reconnaître les baies Gente-Grande et Saint-Philippe ont retrouvé sur la côte méridionale du détroit ce même dépôt si facile à reconnaître aux masses énormes de diorite et de granite que l'on rencontre çà et là à sa surface. A l'île Sainte-Élisabeth il a une puissance énorme, près de 35 mètres. Il est formé, dans les diverses localités que nous venons de signaler, des mêmes variétés de roches, spécialement de diorite, d'hornblende, de schistes micacés et argileux, de fragments de diverses variétés de granite; ce sont à peu près les mêmes variétés qui composent la formation de graviers que nous avons signalée. Ces roches, d'une fraîcheur parfaite, tantôt légèrement émoussées, d'autrefois complétement arrondies, sont mélangées sans aucune apparence d'ordre, se présentent le plus souvent en masse confuse, rarement en couches horizontales pour reprendre plus loin la disposition la plus commune. Nous n'avons point trouvé dans ce dépôt erratique de débris organisés comme dans les formations alluviennes sur lesquelles il repose; mais nous n'avons pas mis assez de temps à cette recherche pour pouvoir affirmer qu'il n'en contient point.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces diverses formations, attendu qu'elles sont communes à un grand nombre de localités que nous aurons à étudier, et que les considérations que nous avons à exposer sur leur origine trouveront leur place lorsque, joignant à nos propres observations celles des voyageurs qui nous ont précédé, nous donnerons un aperçu général de la composition et de l'origine de ces dépôts.

Port Famine.

Nous ne suivrons pas dans notre description géologique du détroit de Magellan l'ordre des mouillages de l'expédition ; nous croyons qu'il est plus simple et plus logique de décrire ce détroit de l'E. à l'O. en suivant la côte sans interruption ; le lecteur pourra bien plus facilement se faire une idée exacte des dispositions et de la nature des terrains que nous étudierons. A partir du cap Negro, où finissent les terrains tertiaires, le détroit présente un aspect entièrement différent : à des plaines immenses, incultes, déboisées, succèdent des pays de montagnes couverts d'une belle végétation et de bois de haute futaie ; à l'aspect triste, monotone, sauvage des steppes succède l'aspect accidenté, pittoresque d'une terre montagneuse arrosée par une multitude de ruisseaux qui vont prendre leurs sources aux pieds des glaciers qui couronnent les montagnes ; et ces changements si brusques, cette différence si grande à quelques milles d'intervalle, s'expliquent par une

modification considérable dans la constitution géologique; c'est qu'en effet ici les circonstances propres à la vie végétale et à la vie animale vont se multiplier.

La baie Catilina est environnée de terres qui s'élèvent de plus en plus vers le S. O. La pointe Sandy est un contre-fort des groupes de montagnes (N. E. S. O.), que l'on a nommé mont Brecknock, et qui s'élève de 300 à 360 mètres au-dessus du niveau de la mer. Plus nous avançons vers le S. O., plus la végétation des côtes est riche et verdoyante; de la pointe Sandy à la pointe Sainte-Marie, c'est une succession de collines richement boisées, et les clairières se montrent couvertes de grandes et belles plantes. La mer commence à offrir plus de fond. Le long des côtes on voit déja quelques touffes de *fucus magellanicus*, qui répandent leur chevelure au niveau des eaux et qui annoncent aux navigateurs qu'il y a un écueil à éviter; le pays devient de plus en plus montagneux; la pointe Sainte-Marie, le mont du Centre, sont les premiers contre-forts des montagnes plus puissantes qui s'élèvent à deux ou trois milles dans les terres, et dont les sommets sont couronnés de neiges et de glaces éternelles; leur partie moyenne est couverte de belles forêts, et leurs pieds sont baignés par la mer.

Voici venir la pointe Rocki, qui présente un aspect assez curieux; des champs très-verts, dépouillés d'arbres, donnent à la plage une ressemblance frappante avec des terres cultivées, à tel point que les Anglais, en 1826, y furent trompés et crurent à la

présence d'un établissement; vient enfin la pointe Sainte-Anne, qui forme l'enceinte N. E. du port Famine, qui est un des points les plus importants du détroit : d'une part il offre un des meilleurs mouillages que l'on puisse choisir, d'autre part la richesse des forêts qui couronnent ces montagnes et l'abondance de ses bonnes eaux en feront toujours une des meilleures positions pour former un établissement. C'est au port Famine que *Sarmiento* avait élevé sa colonie de *Philippeville*, qui eut une fin si misérable (voir la partie historique du voyage, t. I). Les Anglais, en 1827 ou 1828, y passèrent plusieurs mois; les corvettes y mouillèrent le 15 décembre 1837, et passèrent quelques jours à faire du bois et de l'eau. Ce laps de temps permit de faire quelques excursions dans le pays. Le port Famine est situé au fond d'une vallée bornée à l'E. par le mont Philippe, à l'O. par un groupe de montagnes dont le mont Tarn forme le noyau principal, au N. par des collines éloignées à cinq milles du rivage, et entre lesquelles coule la rivière de Sedger. Nous examinerons d'abord le sol du port Famine; remontant ensuite la rivière, nous verrons de quelle manière se comportent les couches du sol; nous gravirons ensuite les montagnes que nous avons citées, et nous essayerons de donner un dessin fidèle de cette importante localité. La plage est entièrement formée d'alluvion de la rivière Sedger, dont les eaux ont accumulé une immense quantité de débris organiques mélangés au sable, aux cailloux roulés et à quelques blocs erratiques; elle

est assez régulièrement unie ; çà et là s'élèvent quelques tertres qui ne dépassent pas en général 5 à 7 mètres ; près de l'embouchure du Sedger, on remarque des agglomérations immenses de troncs d'arbres dépouillés de leur écorce et d'une grande blancheur ; quelques-uns étaient sains, la plupart étaient pourris et se brisaient au moindre effort ; vus de loin, ils présentaient un aspect bizarre, pittoresque, et ressemblaient à d'immenses ossements blanchis par l'effet du temps. Ces arbres ont été sans doute arrachés par la tempête, emportés par des avalanches, charriés par les eaux jusqu'à la mer, qui les a laissés sur le rivage ; on a rencontré des agglomérations de bois semblables, non-seulement au port Famine, mais aussi dans presque toutes les baies où se jettent des rivières. En remontant un peu dans l'intérieur des terres, on rencontre une vallée assez vaste et bien abritée, qui commence au port ; c'est là vraisemblablement qu'était située l'ancienne colonie espagnole dont on n'a retrouvé du reste aucune espèce de trace ; si nous remontons le cours du Sedger, nous trouvons qu'à son embouchure il coule sur un fond extrêmement vaseux, au milieu d'une immense tourbière ; vers le rivage on rencontre quelques troncs d'arbres qu'il a entraînés avec lui. A quelques milles de la mer le courant devient plus rapide, et la rivière descend dans des gorges étroites ; ses bords sont alors couverts de magnifiques fagus antarcticus qui forment de belles forêts d'un vert pâle ; la rivière de-

vient torrentielle, à ce qu'il paraît, à plusieurs époques de l'année, et alors elle fouille aux pieds des arbres, qu'elle déracine et qu'elle renverse dans son lit; aussi lorsque l'on essaye de remonter son cours, reconnaît-on que rien n'est plus difficile que de naviguer au milieu de ces milliers d'écueils placés tantôt au-dessous de l'eau, d'autres fois en ponts au-dessus de la rivière.

Nous avons été un peu trompés dans notre prévision : nous espérions rencontrer quelques belles coupes du sol; c'est à peine si nous avons vu des coupes de 10 à 13 mètres. Toutes les parties qui avancent vers la mer forment une immense tourbière qui a sans doute une grande profondeur; on reconnaît qu'en plusieurs points la philladé se fait jour dans des vallées qui se sont remplies de débris et dans lesquelles se sont formées des tourbières considérables; une couche de terre végétale extrêmement variable couvre toute la superficie du sol; au-dessous on rencontre des lits alternatifs et irréguliers de cailloux roulés de différentes grandeurs et de composition minéralogique très-variée; quelques lits d'argile et de sable se montrent au-dessous, mais nous ne les avons pas rencontrés constamment. La plupart de ces strates renfermaient des coquilles marines, des coquilles terrestres et des os de quelques petits ruminants. Au point où nos canots furent arrêtés, par la vitesse du courant, par les entraves que les arbres et le fond mettaient à notre excursion, nous rencontrâmes une roche

d'une grande étendue, un calcaire marneux blanchâtre qui semblait reposer sur les couches philladiques qui forment les montagnes qui nous entouraient de toutes parts. Nous avons fait de vains efforts pour pénétrer plus avant ; bien que nos matelots ne manquassent ni de courage ni de bonne volonté, il nous fut impossible de remonter plus loin le cours de la rivière, et lorsque nous voulûmes mettre pied à terre, nous reconnûmes bientôt qu'il ne nous était pas possible de pénétrer plus avant, tant la forêt était épaisse, tant les broussailles étaient pressées autour de nous; il était difficile d'avancer à quelques pas sans enfoncer dans une boue noirâtre, qui toutefois était revêtue de la plus charmante végétation. Nous pensons que ces calcaires commencent dans cette partie du cours du Sedger, ils doivent avoir une étendue assez considérable vers le nord, et nous verrons plus tard sur quels faits nous fondons cette opinion.

Le 22 décembre nous partîmes de grand matin pour atteindre le mont Tarn, dans le double espoir de connaître sa constitution géologique et d'avoir du sommet de cette montagne une idée générale de la disposition du pays. A peine sur la grève, nous dûmes franchir des forêts extrêmement épaisses, et il nous fallut du courage et de la résignation pour vaincre les obstacles que nous rencontrâmes dès nos premiers pas. Les lisières des forêts, soit parce que l'air est plus fréquemment renouvelé, soit parce que les plantes sont exposées à une plus

grande quantité de lumière, sont tellement garnies de gros arbres, de plantes épineuses et sarmenteuses qu'il est extrêmement difficile de pénétrer à travers ces barrières naturelles; on y rencontre en abondance des *fagus antarcticus*, des *ventera aromatica*, etc.

Les forêts près de la plage étaient extrêmement épaisses; mais lorsque nous arrivâmes à environ 400 mètres au-dessus de la mer, elles nous offrirent un accès plus facile; partout le sol était glissant et couvert d'une forte végétation de mousse et de lichen qui s'abreuvaient aux filets d'eau qui coulent à la surface des roches phylladiques qui composent la montagne; on rencontrait à profusion des troncs accumulés recouverts aussi de mousse et de petites plantes, comme si la nature avait hâte d'enfouir ces cadavres pour les faire servir à la vie d'autres espèces; on trouvait çà et là des étangs d'eau fangeuse dont les bords étaient couverts de chamitis, dont nous n'approchions qu'avec crainte, et qui nous forçaient souvent à de longs détours. Nous marchions à travers d'immenses forêts vierges, dans lesquelles nous nous fussions perdus sans le secours des boussoles; dans nos recherches, pour trouver quelques échantillons de roches ou de plantes, nous rencontrâmes un terrain sonore; on eût dit que nous passions sur une coulée de lave qui résonnait sous nos pas; et en découvrant ces roches nous reconnûmes avec surprise que nous franchissions un pont naturel formé par des troncs amoncelés, re-

couverts par des débris de feuilles et de petites branches qui, en tombant en poussière, offraient déjà à de nouvelles plantes une quantité d'humus suffisante pour qu'elles pussent y prospérer. Ces montagnes présentent des gorges étroites, des ravins escarpés qui nous offraient toujours d'immenses plateaux de roches phylladiques couchées parallèlement, offrant des épaisseurs variables et se divisant parfois en grosses masses cubiques comme les roches de grès. A mesure que nous nous élevons vers le sommet de la montagne, la végétation devient de moins en moins riche; les forêts disparaissent, des broussailles seules nous entourent. Le sol se dégarnit à son tour de sa verte couverture de mousse et de plantes grimpantes; nous arrivons enfin au pied des deux pics qui couronnent le mont Tarn et que nous nous proposions de franchir. Ici il fallut se cramponner contre le roc, et notre ascension devint de la plus grande difficulté, nous ne pûmes gravir la montagne qu'en côtoyant les couches de neiges glacées qui couronnent ces hauteurs; enfin, après avoir vaincu mille obstacles, nous arrivâmes au sommet. Tous les voyageurs qui ont visité ce pic sont d'accord sur la beauté du panorama qu'il offre aux yeux étonnés.

Au sud, des montagnes extrêmement élevées portent leurs faîtes couverts de neige à une hauteur considérable; c'est la chaîne qui s'étend du mont Sarmiento au mont Darwin. Entre le mont Tarn et cette chaîne, le canal Saint-Gabriel, le golfe de l'Amirauté, présentent des canaux en lignes droites et situés entre

deux versants réguliers. A l'est, le détroit s'élargit, la mer est libre, les côtes sont régulièrement coupées, les terres sont peu élevées. A l'ouest, nous voyons une masse confuse de montagnes de diverses hauteurs beaucoup moins élevées que celles de la chaîne du Sarmiento, et présentant une végétation moins riche que celle des montagnes du sud-est; quelques-uns de leurs sommets sont cependant couverts de neige. La mer, dans cette partie, présente une multitude de petites îles, et les canaux qu'elle traverse n'offrent plus la régularité de ceux que nous remarquons au sud-est. C'est un autre aspect, une autre physionomie, une autre terre.

Le spectacle était un des plus saisissants qui se puisse offrir aux yeux du voyageur. On voyait la mer au pied de la montagne, au delà, vers le sud, des terres coupées par les canaux les plus réguliers, couvertes de belles forêts, s'élevant en amphithéâtre jusqu'à 500 ou 600 mètres au-dessus du niveau de la mer, remplacées par des broussailles moins colorées, puis par des prairies dominées par les pics du mont Sarmiento et du mont Darwin, couverts de glaciers immenses qui descendent par des vallées profondes jusque dans les eaux; à l'ouest des terres désolées, des montagnes groupées sans ordre sensible, la mer couverte d'une multitude d'îles; à l'est enfin les immenses horizons des terrains tertiaires.

Nous avons été frappés surtout de ce fait si remarquable dans le détroit, c'est que dans la partie qui correspond aux terrains tertiaires la mer est unie et

présente un très-petit nombre d'îles ; dans la partie qui correspond aux terrains phylladiques on n'en trouve pas, les chaînes de montagnes ont une direction régulière et les détroits qui les séparent offrent des canaux d'une régularité parfaite ; mais au contraire, dans les parties du détroit qui correspondent aux terrains primitifs, la mer est hérissée d'îles, et la navigation est extrêmement difficile dans des canaux sinueux et semés d'une prodigieuse quantité d'écueils. Le sommet du mont Tarn est formé, comme toute la montagne, de couches de phyllade gris noirâtre dont l'épaisseur varie de 20 à 50 centimètres, qui sont séparées les unes des autres tantôt par des lits minces de la même roche, quelquefois par des lits de roches marneuses ou de roches calcaréo-marneuses. Ces phyllades elles-mêmes sont en partie solubles dans les acides ; elles sont parcourues par de nombreux sillons de calcaires spathiques et de calcaire blanchâtre. On trouve sur une grande partie du mont Tarn et dans les blocs de schistes argileux, des concrétions argilo-calcaires blanchâtres affectant des formes très-bizarres [1] ; M. King dit avoir rapporté du sommet des nodules d'une matière argileuse noirâtre qui s'effeuillaient en lames minces semblables à des feuilles de choux ; il rapporte qu'il fit tous ses efforts pour en emporter quelques échantillons, mais qu'il n'y put réussir tant ces lames se détachaient facilement. Le

[1] Relation historique du voyage de l'*Adventure* et du *Beagle*, par Parker King et Fitz Roy, t. I.

centre du nodule présentait seul quelque solidité.

Le sommet de la montagne forme un faîte déchiqueté d'une étendue d'un mille environ dans la direction nord-ouest, sud-est, et dont les couches s'inclinent de 25 à 30 et à 35° à l'est; il est couvert de neige. Il règne habituellement sur ces montagnes un vent extrêmement violent; aussi, sur tous les points qui ne sont pas abrités contre sa furie, il ne pousse que de misérables broussailles. Nous eûmes beaucoup de peine à revenir sur nos pas, et nous faillîmes plus d'une fois nous égarer dans ces forêts.

En parcourant tous les points environnant le port Famine, nous avons remarqué que toutes les falaises étaient composées des mêmes roches phylladiennes; la pointe Sainte-Anne nous en a fourni de beaux échantillons, et en suivant la côte au nord, le sol présente partout la même roche. Dans quelques localités, les phyllades alternent avec des couches peu épaisses de calcaire gris noirâtre, dans lesquelles on a trouvé des débris de coquilles fossiles. Le cap Saint-Isidoro, qui est situé à quelques milles au sud du port Famine, est formé par une montagne qui dépend du mont Tarn; il se termine par un monticule arrondi, peu élevé, et couvert de broussailles; au large s'étend à fleur d'eau une couche de roche sur laquelle se sont établis une grande quantité de fucus. Du cap Saint-Isidoro au cap Froward, nous retrouvons une suite de montagnes qui se rattachent au système du mont Tarn. Ces montagnes, généralement peu élevées, ne dépassent guère 350 mètres; elles sont

coupées par des vallées couvertes d'une végétation magnifique; au loin on voit apparaître quelques pics neigeux. Les baies dites *Eagle* et *Indian bay*, sont deux criques dans lesquelles de petits bâtiments pourraient trouver un abri; elles forment du reste des sites charmants.

Dans ces localités les phyllades passent à la grauwake à grains très-fins.

Voici le cap *Remarquable*, qui attira si bien notre attention et qui fut pour nous le sujet d'une amère déception. M. de Bourgainville avait écrit, dans son journal de voyages au détroit de Magellan, que ce cap remarquable était formé d'une roche dans laquelle était empâtée une quantité prodigieuse de coquilles fossiles; une semblable localité devait donc attirer toute notre attention, et nous comptions sur une riche collection de fossiles dont l'étude devait jeter un grand jour sur la géologie de ces terres. Le contre-amiral, qui ne manquait jamais de nous donner tous les moyens pour faciliter nos recherches, avait mis un canot à notre disposition. En approchant du cap Remarquable, nous reconnûmes en effet que les bancs de roches qui forment cette pointe, et qui s'élèvent à 50 mètres environ, étaient formés d'une roche hétérogène dans laquelle on distinguait des nodules de matières diversement colorées; mais notre espoir fut bientôt déçu, car dès les premiers pas que nous fîmes sur cette roche, nous pûmes juger qu'elle était composée tout entière de conglomérat anagénique à gros fragments verdâtres roulés

et arrondis dont les dimensions variaient beaucoup; les plus nombreux pouvaient avoir le volume du poing; ils étaient réunis par un ciment calcaire, et en étudiant avec soin les veines de calcaire qui séparaient ces masses de poudingues, nous reconnûmes qu'elles contenaient un grand nombre de débris microscopiques de coquilles fossiles. L'aspect de la roche variait entre le grès le plus fin et le plus gros; près de la mer du côté d'Indian Bay, on a rencontré quelques bancs de grès de couleur grise extrêmement fin.

Les collines qui entourent le cap sont couvertes de belles forêts extrêmement touffues, et dans lesquelles, si le temps nous l'avait permis, il nous eût été facile de pénétrer. Nous avons jeté des sondes vers le cap Remarquable; le fond est très-grand, il dépasse presque partout 50 brasses. La baie Bougainville est une charmante crique où les navires peuvent très-bien mouiller, à l'abri de tous les vents. Ce fut dans cette baie que M. de Bougainville vint chercher des bois de construction pour sa nouvelle colonie des Malouines, et certes il ne pouvait choisir une baie plus sûre pour un séjour prolongé et des forêts plus belles pour l'exploitation qu'il méditait.

L'île Nassau, qui se trouve située vis-à-vis la baie Bougainville, se rattache aux roches qui forment la falaise; le bras de mer qui la sépare de la côte est fort étroit, et le fond est à peine assez grand pour qu'un bâtiment un peu considérable puisse franchir ce passage; le fond est d'argile compacte. Nous n'avons

rien aperçu sur les côtes ni sur les bords qu'un amas énorme de poudingue, cette île est couverte de broussailles. La baie Saint-Nicolas mérite une attention toute particulière ; elle offre d'une part une excellente position pour le mouillage, et le sol qui l'environne présente des ressources précieuses aux navigateurs qui voudraient s'y arrêter quelques jours pour faire de l'eau ou du bois. Au milieu de la baie s'élève une petite île couverte de végétation, et à laquelle viennent se rattacher des bancs de sable qui entourent toute la baie, une rivière se jette au fond de ce bassin : c'est la rivière de *Gennes*, qui, moins grande que la *Sedger*, n'en apporte pas moins à la mer des troncs d'arbres et des débris qu'elle entraîne loin des forêts qu'elle parcourt, et qu'elle laisse dans l'espèce de delta qu'elle forme à son embouchure ; quelques-uns de ces troncs, transportés par la mer, ont été abandonnés çà et là sur les plages voisines. La vallée que la rivière parcourt est couverte de bois magnifiques dans lesquels il est impossible de pénétrer, soit à cause des broussailles épineuses dont leur lisière est défendue, soit à cause des marécages qui s'y rencontrent presque partout, et qui sont couverts d'une végétation trompeuse qui pourrait engloutir les voyageurs imprudents ; elle se rattache d'une part aux montagnes dont il a été question, et d'autre part au pic Nodalès, qui est situé au sud-ouest. La baie Saint-Nicolas, l'île Nassau, l'île Saint-Nicolas nous ont encore offert ces mêmes poudingues agrégés par un ciment calcaire et passant à

des grès très-fins, qui eux-mêmes sont placés sur les phyllades que nous avons vues au port Famine.

Cette prédominance des grauwakes vers l'est est extrêmement remarquable. Ils se trouvent situés entre les quartzites, les talcites, qui forment les montagnes à l'est et toute la partie orientale de la presqu'île de Brunswick et la formation argilo-schisteuse du port Famine et du mont Tarn. On n'a découvert aucune espèce de débris organisés dans ces grauwakes, et les conglomérats qu'on rencontre au port Saint-Nicolas et au cap Remarquable, plus modernes que ces grauwakes, ne contiennent que des traces de calcaire qui cimentent leurs diverses parties. Au nord-ouest du port Saint-Nicolas et sur le versant est du mont Tarn, nous avons trouvé, à la limite des rochers phylladiques, un épanchement considérable de mimosite que nous avons encore rencontré plus loin au port Galant. Ces roches ignées formaient dans les couches de phyllades environnantes des dikes et des filons parallèles d'épaisseur variable. Cet épanchement nous paraît avoir, au point où nous l'avons examiné, une puissance très-considérable. Ces échantillons de mimosites se rapprochent beaucoup des basaltes porphyroïdes de M. Cordier.

Du cap Remarquable au port Galant on voit successivement les roches argilo-schisteuses disparaître sous les couches de grauwakes que nous avons signalées et qui ont, au cap Remarquable et au cap Froward, une puissance considérable; elles sont là

schisteuses et calcarifères. Plus loin, à l'est, en se rapprochant du cap Hollard, les quartzites deviennent plus puissants et les grauwakes sont plus rares, et enfin au port Galant nous ne trouvons plus que des talchistes et des quartzites présentant un grand nombre de variétés et coupées par une quantité considérable de filons de roches ignées et spécialement de diverses variétés de porphyre.

La stratification des phyllades est difficile à reconnaître dans les points où elles sont traversées par des filons de roches plutoniques. Près du port Famine la stratification des roches avec lesquelles elle alternait est très-distincte, et là seulement le clivage et les plans de stratification sont parallèles. Un peu au nord de ce port, il y a un axe anticlinal dirigé du nord-ouest au sud-est. Au sud de ce port et jusque dans le golfe de l'Amirauté et le canal Gabriel, la disposition des terres indique l'existence de plusieurs lignes de soulèvement suivant la même direction.

En considérant la série des roches que nous venons d'indiquer, si on n'avait des fossiles qui indiquent d'une manière incontestable l'âge des schistes argileux du port Famine, nous aurions été conduit à admettre que ces terrains appartenaient tous à la classe des terrains primaires présentant un dépôt talqueux, un dépôt de grauwakes et enfin un dépôt supérieur de roches phylladiques. Il est évident pour nous que cette formation schisteuse qui contient des fossiles des terrains néocomiens a été modifiée

par l'intrusion des mimosites, des basaltes porphyroïdes que nous avons signalés au port Galant et au port Saint-Nicolas ; mais nous n'en rapporterons pas moins aux terrains primaires les roches de grauwakes, de quartzites et de talchistes que nous verrons plus à l'est remplacées par des roches granitoïdes plus anciennes. Ces dépôts correspondraient aux groupes phylladiques de M. Cordier, au dépôt cambrien de M. Élie de Beaumont. Nous n'avons trouvé aucune trace de fossiles dans les grès et les grauwakes à l'ouest du mont Tarn, et je ne sache pas qu'aucun voyageur en ait recueilli à l'ouest de ce point.

Nous avons trouvé dans les diverses couches de phyllades qui forment la côte au nord du détroit de Magellan, sur le mont Tarn et sur les montagnes moins élevées à l'est, un assez grand nombre de fossiles ; mais nous avons eu beaucoup de peine à nous procurer des échantillons entiers et faciles à déterminer.

M. d'Orbigny a bien voulu déterminer ces diverses espèces (voyez l'appendice), et les a rapportées à la formation néocomienne à l'étage inférieur des terrains crétacés.

Nous avons parmi nos échantillons :

Ancyloceras simplex, d'Orbigny, mont Tarn ;
Ammonita ;
Plicatula ;
Modiola.

M. Darwin a recueilli aussi au port Famine quel-

ques fossiles qui appartiennent, d'après M. d'Orbigny, au même étage.

Ancyloceras simplex, d'Orb. Pal. franc., pl. v, f. 2.	
Fusus (indéterminable) mont Tarn.	
Natica (id.).	
Pentacrinus (id.).	
Lucina excentrica (id.).	Port Famine.
Venus indéterminable (id.).	id.
Turbinolia (id.).	id.
Hamites elatior G.. B. Sowerby.	id.

Cette formation schisteuse crétacée, que nous rapportons à l'étage inférieur des terrains crétacés, a une très-grande importance dans le détroit; elle occupe toute la partie orientale de la presqu'île de Brunswick, depuis la baie Saint-Nicolas jusqu'à la pointe de Sable où elle va se perdre sous les formations tertiaires et erratiques, l'île Dawson et la terre de feu depuis le canal de Magellan jusqu'au cap Horn; elle comprend aussi les côtes du canal Saint-Gabriel, du golfe de l'Amirauté, et l'île Navarin. La moitié est de l'île Hoste et de la péninsule Hardy ont la même constitution géologique; elle s'étend ainsi d'une manière non interrompue jusqu'au détroit de Lemaire. Ces roches sont traversées par une quantité considérable de filons de diorite et d'amphibolite, et cette circonstance se rencontre surtout en avançant vers l'ouest. La modification imprimée par l'intrusion des roches ignées dans des couches schisteuses est facile à observer; car les schistes qui sont en contact avec les

porphyres ont généralement une couleur plus pâle et semblent se rapprocher de la nature des roches dioritiques; elles sont plus compactes et moins fissiles.

Port Galant.

Du pic Nodales au cap Froward, les falaises que nous avons vues assez régulières prennent un caractère de désordre que nous n'avons point encore rencontré. Le cap Froward s'élève lui-même comme un morne immense aux pieds baignés par la mer, à la tête blanchie par des neiges éternelles; il présente un ensemble bizarre de couches renversées et contournées en tous sens. On remarque d'énormes crevasses auxquelles sont suspendus des blocs d'une grande puissance qui semblent prêts à se détacher à chaque instant; plus haut, des terres déchirées par des avalanches de neige qui ne peuvent se fixer sur une pente aussi rapide. Rien de plus sauvage et peut-être de plus tristement grandiose que ce point du détroit. Ce fut là que l'équipage du célèbre Magellan, effrayé par le caractère que prenait la nature, se souleva pour arrêter son chef qui, disait-il, les conduisait aux gouffres de l'enfer. L'énergie du capitaine sut vaincre tous les obstacles, et son courage fut dignement récompensé par la découverte du détroit qui porte son nom.

Le capitaine King, qui a vu de nombreux échantillons de cette roche, rapporte qu'elle est composée de lits très-minces de roches schisteuses et de quartz qui alternent un grand nombre de fois. Ces

lits renferment des nodules très-nombreux de pyrite de fer. Doublons le cap Froward et suivons les bords N.-E. de la presqu'île de Brunswick; la côte s'appuie à une chaîne de montagnes dont la hauteur varie de 300 à 360 mètres, ses flancs ne nous offrent plus ces magnifiques forêts que nous avons vues sur toute la côte; ici la nature a dépouillé ce manteau de verdure, les roches sont à nu jusque vers la mer, les faîtes de ces montagnes couronnés de glaces perpétuelles forment des dessins remarquables, en se découpant en châteaux, en clochers, sur le fond bleu du ciel. Nous dépassons successivement la baie Andrew qui présente un panorama remarquable, le cap Cowenty, la montagne des Trois-Pics dont les sommets sont couverts de glaces éternelles.

La baie Cordes est un abri sûr et commode pour les bâtiments, le fond est de sable et de coquilles brisées, il est généralement assez régulier, et varie seulement entre six ou huit brasses; une petite île verdoyante se montre à son entrée et laisse deux passages étroits pour pénétrer dans la baie, celui de l'est est le plus favorable; cette petite île, que les Anglais ont appelée *Muscle*, couronnée par de jolis bouquets d'arbres, est très-gracieuse; la baie est entourée d'écueils qui la rétrécissent singulièrement; de larges fucus se sont établis sur ces roches et annoncent leur présence aux navigateurs; une vallée se trouve au fond de la baie, elle est placée entre deux collines très-boisées; au nord-ouest on

reconnaît la montagne des Trois-Pics dont nous nous entretiendrons tout à l'heure; le port Saint-Michel est situé à l'est, il est fermé par des falaises qui s'élèvent à pic et qui protégent entièrement le mouillage; toutefois ce fond n'est pas assez grand pour des bâtiments de premier ordre, ils trouvent un meilleur abri à la baie Fortescue, qui est vaste, parfaitement abritée, dont le fond est régulier et varie à peine entre huit et neuf brasses; on rencontre au S.-E. une petite île qui laisse un passage tout au plus assez grand pour permettre à un bâtiment de deuxième ordre de pénétrer dans le port.

Le port Galant se trouve situé au milieu d'un groupe de montagnes, et n'est pour ainsi dire que la continuation de la gorge qui les sépare; elles sont fort élevées et couronnées, au N., par d'énormes glaciers, à l'O. le mont Crotte, de 698 mètres, à l'E. une grande montagne à deux sommets, dont le plus élevé se dirige, au N.; au-dessus de la pointe Wigham, s'élève une montagne de près de 2364 pieds anglais de hauteur, d'après les mesures barométriques du capitaine Fitz-Roy; les parties inférieures de la montagne sont couvertes de forêts impénétrables; les broussailles en défendent si bien l'entrée, qu'il n'est possible d'y pénétrer qu'en se traînant sur les genoux.

En arrivant au mouillage, nous aperçûmes d'abord une colonne de fumée qui s'élevait à une très-grande hauteur. Un grand nombre d'hypothèses fu-

rent aussitôt proposées pour expliquer ce phénomène : c'était pour les uns un feu que les habitants avaient allumé, pour les autres un volcan, et parmi ceux qui défendaient cette opinion, les plus modérés se contentaient de croire à une fumerolle ; pour éclaircir le fait, l'amiral nous envoya le lendemain à la recherche du prétendu volcan ; nous gravîmes les pointes les plus élevées ; nous arrivâmes sur les glaciers, sans avoir rien observé qui pût nous faire soupçonner le voisinage d'un volcan. Les montagnes du port Galant appartiennent aux roches dites primitives ; nous y avons rencontré des talschistes contournés, passant au quartz laiteux gras, aux phtanites, aux phyllades ; on trouve entre ces diverses roches des filons de quartz hyalin pyramidé, semi-laiteux, et principalement dans les schistes grenatifères.

A mesure que l'on se rapproche de l'O., on voit les couches d'argile schisteuse être pénétrées par un nombre plus considérable de filons de porphyre, de mimosite, de basalte ; les couches argileuses se montrent plus contournées, offrent plus de variation dans leur inclinaison, tout en conservant la même direction. Toutefois les montagnes de l'O. ne conservent pas exactement la même direction : elles se rapprochent de plus en plus de la direction O. N. O. et E. S. E., et plus au N. prennent la direction générale de la chaîne des Cordillères, du N. au S., en sorte que cette immense chaîne se courbe de plus en plus à l'O. vers son extrémité méridionale, jus-

qu'à ce qu'elle se perde sous les flots de l'Océan. Nous montrerons plus loin, lorsque nous étudierons d'une manière plus générale la géologie de l'Amérique méridionale, les relations que présentent ces terrains avec ceux que l'on a étudiés sur les deux versants des Cordillères.

Au N. du port Galant nous avons parcouru des glaciers très-étendus. Nous n'en parlerons point ici, nous réservant de traiter d'une manière générale des glaciers de toutes ces terres ; nous ne dirons rien non plus du dépôt erratique que nous avons rencontré ici, comme dans toutes les parties du détroit, pour éviter des répétitions fatigantes pour le lecteur.

Iles Malouines.

Bien que l'*Astrolabe* et la *Zélée* n'aient pas touché aux îles Malouines, nous croyons devoir donner une esquisse rapide de la géologie de ces terres, elles présentent en effet des phénomènes extrêmement remarquables, et comme il n'a rien été écrit dans notre langue sur la géologie de ces îles, en exceptant toutefois quelques lignes que nous extrairons de l'ouvrage du père Pernetty, et une citation de M. d'Orbigny sur les fossiles de ce pays, nos lecteurs nous pardonneront cette digression en faveur de l'importance du sujet et des rapports que ces îles offrent avec les terres magellaniques ; ces îles sont situées à peu près à la même latitude que le détroit de Magellan, la distance qui les en sépare ne dépasse

pas 220 lieues ; leur étendue est d'environ 600 lieues carrées, le tout présente de misérables terres, dont la possession a été le sujet de longs débats, et qui aujourd'hui sont habitées par deux ou trois pauvres familles qui cultivent des légumes pour les vendre aux baleiniers; la flore de ces îles a été faite par le contre-amiral Dumont-d'Urville, qui réunissait à ses talents de navigateur des connaissances approfondies en botanique, et par notre savant physiologiste M. Gaudichaud. La zoologie de ces îles a été faite par le père Pernetty et plus tard par M. Lesson ; les pâturages de ces îles sont aujourd'hui très-riches en chevaux, en bœufs, en moutons, en chèvres, qui, depuis l'abandon de la colonie, sont revenus à l'état sauvage; il est très-remarquable que ces îles, à l'époque de la colonisation (1764) ne possédaient, d'après ce que rapporte le père Pernetty, aucun quadrupède, excepté une petite espèce de loup, et aucun reptile. Nous avons cru longtemps, d'après le récit des voyageurs, Molina entre autres, que cet animal était le même que celui que l'on rencontre au détroit de Magellan et au Chili, où il est appelé Calpeu, c'est le *Vulpes magellanicus*. D'après les observations de M. Darwin, qui a comparé le *Vulpes magellanicus* à cette espèce de loup, ce sont deux espèces distinctes, mais qui possèdent des mœurs semblables; lorsque ces animaux voient quelqu'un occupé, ils s'approchent très-près pour voir ce qui se passe, et cela avec tant d'étourderie qu'ils se laissent assommer avec la plus grande facilité. Les

deux îles en possèdent beaucoup ; d'après l'observation de M. Howre, compagnon de M. Darwin, ils présentaient dans ces deux îles quelques variétés de couleurs. M. Lesson avait décrit aussi un *Lepus* comme une espèce distincte de ce genre nombreux ; M. Darwin pense qu'on doit le considérer comme une variété. Ces îles sont entièrement dépourvues de grands arbres, on n'y rencontre que des arbustes, le gommier, l'écorce de winter et des plantes plus petites, que l'on rencontre presque toutes au détroit, comme nous l'avons dit précédemment.

La terre est généralement d'un aspect triste désolé, et est couverte presque partout d'une végétation de grandes berbes ; le sol dans la partie basse est extrêmement humide et présente des couches de tourbes, qui peuvent être brûlées après avoir été abandonnées au soleil pendant quelque temps ; le climat de ces îles doit être semblable à celui du détroit, vraisemblablement un peu plus uniforme ; les colons qui y ont passé plusieurs hivers ne se sont jamais plaints de la rigueur du froid.

Les îles Malouines appartiennent aux terrains primaires. Elles sont formées par des couches de phyllade, de grès et de quartzite. Les phyllades présentent diverses variétés de couleurs et renferment des couches superposées de grès dur, jaunâtre et souvent micacé ; les fossiles, rares dans les phyllades, sont au contraire très-nombreux dans les couches de grès. M. Darwin y a trouvé trois nouvelles espèces d'*Orthis* qui ont des analogies avec celles de la formation silurienne, et

trois espèces de *Spirifer* qui ont des rapports avec ceux des couches dévoniennes, et une liaison plus intime encore avec ceux qui ont été décrits en Australie, par MM. Sowerby et Morris. On y trouve une espèce d'*Atripa* et de *Chonetes*, une *Orbicula* et une *Avicula*, des fragments de *Trilobita* et des traces nombreuses de *Crinoïdes*.

Si ces espèces présentent des analogies remarquables avec celles des groupes paléozoïques de l'Europe, nous devons cependant dire qu'aucun de ces fossiles, non plus que ceux des formations siluriennes et dévoniennes des Cordillères, qui ont été décrits par M. d'Orbigny, ne présente des espèces identiques à celles du N. à l'exception de deux crustacés et d'une graptolite.

Trente-cinq fossiles des mêmes terrains, dans l'Australie, appartiennent tous, d'après M. Morris, à des espèces nouvelles, à l'exception d'une térébratule, et forment des genres nouveaux. M. Lonsdale a reconnu que les coraux de ces mêmes terrains appartenaient aussi à des espèces toutes nouvelles; tous ces fossiles présentent cependant des rapports remarquables avec ceux du nord.

Un grand nombre d'auteurs ont conclu de ces rapprochements, qu'aux époques antérieures, les mêmes espèces animales étaient répandues sur des surfaces beaucoup plus considérables que celles de notre époque, et ont supposé une température plus élevée et plus uniforme. Ces opinions, généralement reçues, sont plutôt acceptées comme une consé-

quence de la théorie générale de la chaleur centrale et du refroidissement continu de la terre, qu'elles ne sont bien fondées, bien établies sur l'étude de la distribution des animaux marins. D'une part, cette étude est trop peu avancée pour que ces conclusions puissent être acceptées sans réserve, et nos connaissances sur la distribution des mollusques, telles que les a résumées et étendues M. le professeur Forbes, ne sont pas des arguments en faveur de la théorie si généralement adoptée.

Cet habile géologue a montré en effet que les mollusques qui s'étendent sur une plus grande profondeur occupent ordinairement une grande étendue, soit géographique, soit géologique. L'application de cette loi générale s'est vérifiée dans les terrains les plus modernes, comme elle se vérifie dans les mers actuelles sous les mêmes zones climatériques.

Ainsi, les mers polaires arctiques nourrissent non-seulement un grand nombre d'espèces équivalentes, mais encore un bon nombre d'espèces identiques. Les mers polaires antarctiques présentent des espèces communes et des espèces semblables; et de plus les espèces des deux pôles, quoique presque toutes différentes, ont des caractères généraux qui les rapprochent d'une manière fort remarquable. On répondra: les coquilles fossiles des terrains anciens des deux hémisphères présentent des rapports bien plus étroits que les coquilles vivantes des zones froides aux deux pôles. Cela doit être ainsi, si les

mollusques, les crustacés qui présentent le plus de rapports entre eux dans les zones froides sont ceux qui se rencontrent sur les plus grandes profondeurs; ce sont aussi ceux qui ont le plus de chances de conservation. Il n'est donc point étonnant que les mollusques qui ont été conservés dans les couches anciennes aient plus de rapports entre eux que ceux qui habitent aujourd'hui nos rivages, et qui sont soumis à toutes les variations climatériques. Pour être conséquent, il ne faudrait comparer aux mollusques des époques antérieures, que ceux qui sont très-communs, et qui, répandus sur de grandes surfaces et de grandes profondeurs, ont le plus de chances de conservation en passant à l'état fossile.

Les mêmes espèces sont répandues du reste sur d'immenses surfaces; ainsi plus de cent espèces de mollusques vivants des côtes d'Afrique se rencontrent aux Philippines et sur les rivages des îles de coraux de l'océan Pacifique. Il en est de même pour les poissons. Nous croyons donc qu'il faut être bien réservé dans les conclusions que l'on tire de la comparaison des fossiles, soit pour indiquer les anciennes relations des diverses parties du monde, soit pour connaître la température moyenne des anciens climats. Suivant nous, la distribution des animaux marins n'est pas assez bien connue pour qu'on puisse y puiser des arguments sans réplique; et d'autre part, jusqu'à présent, tous les phénomènes peuvent s'expliquer par la disposition diverse des terres et par de très-petites différences de température générale.

Les formations de phyllades et de grès qui forment les plaines des Malouines sont relevées à des hauteurs qui varient entre 700 et 800 mètres, et par des couches de quartz stratifié. Cette couche se présente, tantôt en masse pulvérulente ou arénacée, tantôt en masse parfaitement cristalline; elle prend çà et là une texture bréchiforme. Dans les couches de ce genre, on distingue des échantillons de quartz transparent empâtés dans une masse opaque siliceuse, présentant des noyaux, des couches de matières pulvérulentes blanches et infusibles. M. Darwin pense que ces formes sont le résultat de l'action de la chaleur qui aurait ramolli ces masses quartzeuses. On ne voit nulle part d'une manière distincte les phyllades reposer sur les roches quartzeuses; mais sur plusieurs points de la côte on trouve des transitions graduelles entre ces formations si éminemment différentes.

Un fait extrêmement remarquable, c'est que lorsque les plans de stratification des roches quartzeuses prennent une position de plus en plus inclinée, ils s'effacent peu à peu et disparaissent; les plans de clivage des phyllades apparaissent et deviennent de plus en plus distincts en suivant leur direction générale, et d'une manière si uniforme, qu'il est impossible d'indiquer le point précis où la stratification finit et où le clivage commence à être distinct. Les relations que présentent les phyllades et les roches de grès au pied des montagnes quartzeuses ont fait admettre que ces roches quartzeuses étaient des

formations arénacées métamorphosées par la chaleur.

Les principales lignes de relèvement des quartzites, dans l'est de ce groupe, s'étendent de l'est à l'ouest, mais dans les parties occidentales de ces îles, elles courent de l'ouest nord-ouest à l'est sud-est. C'est aussi la direction générale des côtes et des petites îles qui les entourent. Les feuilles de clivage des phyllades sont verticales ou ont une inclinaison moyenne qui n'est nulle part inférieure à 50°. Ces couches plongent tantôt au nord tantôt au sud, mais surtout dans cette dernière direction. La coïncidence de direction, mais non d'inclinaison entre la stratification du quartz et le clivage des schistes, était très-remarquable à l'extrémité ouest des hauteurs de Wickham. Dans toute l'Amérique méridionale, les plans de clivage, quelle que soit l'inclinaison des couches, présentent, comme aux îles Falkland, une même direction sur une étendue considérable et sur la même ligne que les principaux axes de soulèvement, perpendiculairement aux axes subordonnés. Les lits de grès renfermés dans les phyllades que l'on rencontre dans les parties basses, et les moins tourmentées de ces îles, sont presque horizontaux, et plongent au sud avec un angle de 10° environ. Les phyllades présentent ordinairement le même clivage dans les lits au-dessus ou au-dessous des grès.

La direction du clivage, quoiqu'elle coïncide avec les lignes générales de soulèvement, semble ne pas

avoir subi les petites inflexions, et elle présente une uniformité remarquable, quelles que soient les courbures qu'aient subies les couches de phyllades.

Les grès blancs qui forment une partie du sol des Malouines présentent des scènes de désordre qui ont frappé d'étonnement tous les voyageurs. Laissons parler le père Pernetty, il est question de la côte de la baie Saint-Louis à l'est des Malouines. « Après avoir levé le plan de la baie, nous nous occupâmes à examiner un bouleversement produit, selon les apparences, par un tremblement de terre ; il présentait un spectacle si horriblement beau, que j'étais extrêmement mortifié de ne pas avoir assez de temps, ni les instruments nécessaires pour en dessiner la représentation en entier; un peintre y aurait trouvé de quoi faire un superbe tableau de ruines.

» Nous avons été saisis d'étonnement à la vue de l'innombrable quantité de pierres de toutes grandeurs bouleversées les unes sur les autres, et cependant rangées comme si elles avaient été amoncelées négligemment pour remplir les ravins ; on ne se lasse pas d'admirer les effets prodigieux de la nature ; j'essayai en vain de graver un nom sur une de ces pierres, qui formait une table d'un grand pied et demi d'épaisseur sur dix pieds de longueur et six de largeur ; elle était si dure que ni mon couteau ni un poinçon ne purent l'entamer ; j'en essayai ainsi plusieurs et je trouvai partout une égale dureté; en frappant sur un angle avec une autre pierre, j'en fis éclater

un morceau, et toutes celles que je fis éclater me présentèrent une espèce de grès porphyrisé; ce grès est partout taillé en tables de diverses grandeurs et épaisseurs; ces lits sont posés en tous sens, mais comme si l'art y avait été employé; ces ruines semblent présenter en différents endroits des portes de ville dont il ne reste aucun cintre, mais seulement des murailles à droite et à gauche élevées encore de 20 à 25 pieds; dans les angles parallèles qui forment l'entrée, ce sont comme des murs de ville dont les assises de pierres auraient été soulevées pour le niveau et le perpendiculaire tels qu'on les voit dans nos murs de pierre de taille; on y voit même des angles rentrants, des angles saillants, des avant-corps de 15 pieds, et des saillies à droit fil comme des corniches ou cordons, saillant au moins d'un demi-pied et qui règnent à la même hauteur, tant des parties enfoncées ou retraites que des avant-corps; il n'y manque que des moulures. Sur toute la route, de l'endroit où nous avions pris terre on remonte à gauche la hauteur où les pierres sont rangées comme les voûtes d'un amphithéâtre; j'en ai donné la figure; au delà de ces ruines est une vallée profonde de plus de 200 pieds, large d'environ un petit quart de lieue, dont le fond est couvert de pierres bouleversées et qui semble avoir servi de lit à une rivière ou à quelque large torrent qui aurait coulé sur ce pavé gigantesque pour se perdre dans la grande baie de l'ouest.

» Les pierres jetées pêle-mêle les unes au-dessus des

autres laissent partout entre elles des vides dont on ne peut conjecturer la profondeur ; les moins grosses de ces pierres, dont il n'y a pas une d'angulaire, mais dont les cornes sont arrondies, ont 2 pieds de longueur sur 2 pieds de largeur ou environ ; il y en a dont la forme cependant est régulière, elles sont aussi d'une espèce de grès très-dur ; le chemin, du lieu de notre débarquement aux décombres, est d'une heure de marche, toujours en plaine jusqu'au bas de la hauteur où l'on trouve des ruines ; on aime mieux laisser réfléchir le lecteur sur cette singularité naturelle, que d'établir péniblement un système qui ne mènerait qu'à de brillantes erreurs. »

M. Darwin a été frappé aussi de cette immense désordre, de cet aspect de ruines que présentent ces formations de grès. Dans une vallée au sud du détroit de Berkeley, qu'il a appelée *la grande vallée des Fragments*, il a vu le sol couvert d'une multitude de blocs de grès telle qu'il a parcouru une bande transversale d'un demi-mille de largeur en sautant d'une pierre à l'autre. Les fragments étaient si grands, qu'ayant été surpris par une ondée, il trouva un excellent abri sous une de ces pierres ; la petite inclinaison de ces masses est une circonstance remarquable ; sur les côtés de la montagne, il les a vues incliner à l'horizon de deux degrés seulement ; mais dans quelques vallées larges et profondes, l'inclinaison était à peine suffisante pour être sensible sur une surface aussi inégale. « Dans quelques points un courant continu de ces fragments

remplit le fond de la vallée et s'étend même jusqu'à la crête de la colline; sur ces crêtes, de larges masses, excédant en dimension un petit bâtiment, semblaient s'être arrêtées dans leur course; on trouvait là des strates contournées qui donnaient à cette scène de désordre l'image des ruines d'une ancienne cathédrale. On est tenté de comparer ces couches de blocs à des courants de lave blanche qui auraient coulé de plusieurs points de la montagne vers les parties les plus basses, et qui auraient été brisés en un grand nombre de fragments. L'expression courant de pierres, coulées de pierres, qui vient à l'esprit de chaque voyageur en présence des phénomènes, indique la même idée. » Ces scènes sont rendues plus étonnantes encore par les contrastes qu'elles offrent avec les collines voisines qui sont basses et arrondies; M. Darwin fut extrêmement surpris de trouver sur les points les plus élevés d'une rangée de collines d'environ 700 pieds au-dessus du niveau de la mer, un grand fragment reposant sur le sol par son côté convexe; il se demande s'il a été lancé dans l'air et ainsi retourné, ou si plus probablement il existait une partie de la même chaîne plus élevée que la pointe sur laquelle ce monument des convulsions de la nature se trouve aujourd'hui placé. Comme les fragments, dans les vallées, ne sont point arrondis et que les crevasses ne sont point remplies de sable, nous pouvons en conclure que cette dislocation des couches de grès est postérieure à l'élévation des terres au-dessus du niveau de la mer; dans ces vallées, le fond est

extrêmement uni et s'élève très-peu de chaque côté; les fragments paraissent venir de la partie supérieure de la vallée, mais en réalité il semble très-probable qu'ils sont venus des hauteurs voisines, ou que ces masses de roches furent divisées dans la position qu'elles occupaient antérieurement, et que par un mouvement vibratoire, d'une merveilleuse puissance, les fragments ont été aplanis en couches continues; si pendant le tremblement de terre de Conception, en 1835, on s'étonna que de petits corps eussent été lancés à quelques pieds du sol, que devons-nous penser du mouvement nécessaire pour briser ces fragments d'un poids de plusieurs tonneaux, les jeter çà et là, et enfin leur faire prendre le niveau, comme si c'eût été du sable sur une plaque vibrante. Nous avons vu dans les Cordillières des Andes, que des montagnes avaient été brisées en pièces semblables à des croûtes très-minces et que leurs strates soulevées étaient devenues perpendiculaires, mais je n'avais rien vu de semblable à ces coulées de pierres; elles donnent continuellement à l'esprit l'idée d'une convulsion dont les âges historiques ne nous offrent aucun exemple. Nous avons donné les observations que M. Darwin a faites de cet étrange ossuaire de roches, elle nous paraît mériter le plus grand intérêt. Qu'il nous soit permis d'admettre ici quelques observations tendant à expliquer ce phénomène par des hypothèses plus simples, et qui nous semblent s'appliquer assez bien aux détails qui ont été présentés.

Nous ne pensons pas qu'on doive recourir à des tremblements de terre pour expliquer des phénomènes dont nous voyons les analogues aujourd'hui. Tous les géologues qui ont parcouru les formations de grès savent quelles dislocations bizarres et quelquefois gigantesques on rencontre sur ces terrains. Les grès sont généralement séparés par des couches ou par des masses considérables de sable non agrégées. Souvent les masses compactes de grès sont isolées au milieu des couches de sable dans lesquelles ils ont été agglutinés, soit par des eaux siliceuses, soit par d'autres causes. Sous l'influence des agents atmosphériques, sous l'influence surtout des eaux qui filtrant à travers les masses de grès supérieures, entraînent les sables sur lesquels ils reposent, ces grandes formations se divisent, se séparent, tombent alors sur les couches inférieures, et les vallées formées aussi par les eaux souterraines sont pleines de fragments considérables. Si maintenant nous admettons que ces masses ont été métamorphisées, que la chaleur résultant de l'intrusion des masses ignées dans le voisinage de ces couches de sable et de grès ait été suffisante pour les agglutiner ou même pour les mettre dans un état de demi-fusion, pendant lequel ils auraient pu prendre une disposition semi-cristalline et subi les courbures que l'on observe dans leurs couches, tous les phénomènes peuvent s'expliquer; en admettant aussi que ces couches de sable n'étaient pas toutes également aptes ou également disposées à subir l'action métamorphique.

Les géologues qui n'admettent point le métamorphisme ou qui ne l'admettent qu'avec de grandes réserves, pourraient peut-être expliquer en partie ce phénomène, en supposant que les couches ont été exondées à l'époque même où les masses arénacées s'agglutinaient par l'action d'infiltrations siliceuses.

Digitized by Google

CHAPITRE V.

Observations générales sur la disposition des terrains de la Patagonie et de la Terre-de-Feu.

Roches et schistes cristallins et terrains primaires.

Le détroit de Magellan, en divisant de l'ouest à l'est la partie méridionale du continent américain, nous offre pour ainsi dire une coupe naturelle des terrains qui le composent. Nous pouvons, en effet, en suivant le détroit de l'ouest à l'est, étudier toute cette série de formations et prendre une idée précise de leur disposition et de leur succession.

Nous allons étudier premièrement les diverses formations qu'on rencontre dans la partie méridionale de l'Amérique, puis nous présenterons quelques observations sur l'exhaussement de ce sol, exhaussement qui nous paraît être extrêmement moderne.

Cette partie de l'Amérique présente deux lignes de soulèvement, qu'il nous importe de connaître

et d'étudier avec soin. Nous trouvons d'abord dans l'ouest depuis Chiloë jusqu'au voisinage du cap Horn, un pays couvert de montagnes granitiques, présentant de nombreuses variétés des roches que l'on rencontre habituellement dans les terrains plutoniques. Cette formation me paraît être la continuation des roches granitoïdes que l'on rencontre dans le Chili, et à laquelle appartient cette ligne de montagnes que l'on peut appeler à juste titre les Andes maritimes. Entre cette ligne de montagnes et celle qui est située à peu près parallèlement à l'est, nous trouvons une longue suite de canaux qui paraissent correspondre aux grandes vallées longitudinales qui séparent les Cordillères maritimes des grandes Cordillères. Ces montagnes, qui sont certainement assez modernes, s'étendent du nord-ouest au sud-est du mont Stoker (2,100 mètres) jusqu'au cap Horn, et nous présentent les sommités des monts Burney (1,768 mètres), Tarn (792 mètres), Sarmiento (2,073 mètres) et Darwin (2,130 mètres), sur les flancs desquels nous trouvons relevés les terrains néocomiens et crétacés.

Le soulèvement de cette chaîne est très-probablement dû à la même cause et est de la même époque que celui des Andes chiliennes. Les terrains relevés par cette chaîne semblent être de la même époque d'après leur nature géologique et les débris paléontologiques qu'on y a trouvés. C'est à cette chaîne que correspondent les parties les plus élevées de la atag onie et de la Terre-de-Feu. Elle comprend l'es-

pace qui s'étend de la partie orientale du détroit de Magellan, du bras nord-ouest du canal de Darwin, à cette longue dépression que l'on observe plus à l'ouest, et qui correspond au canal Fitz-Roy, à la partie la plus étroite de la presqu'île de Brunswick, baie Useles, à ces terres basses de la partie orientale de la Terre-de-Feu qui, il y a peu de temps, présentait un détroit que l'on a figuré dans un grand nombre de cartes. C'est sur cette ligne que l'on voit commencer les terrains tertiaires extrêmement modernes, correspondant sans aucun doute aux terrains tertiaires patagoniens, décrits déjà par MM. d'Orbigny et Darwin, et qui présentent les mêmes caractères, d'après les échantillons que nous possédons.

Ces deux chaînes parallèles, qui sont sans aucun doute les plus importantes dans la partie méridionale de l'Amérique, ne sont pas cependant les seules sur lesquelles notre attention doive se fixer. Nous trouvons deux lignes de faîtes, d'une hauteur peu considérable, dont la direction est perpendiculaire à celle que nous venons d'étudier. Ce sont, d'une part, les montagnes de la terre Ponsomby, d'autre part les monts Gregory et la chaîne de collines qui s'étend du cap Monmouth au cap Spiritu-Santo, et entre lesquelles nous trouvons le bras de mer qui forme la partie orientale du détroit. Nous n'avons pas de données positives sur les montagnes de Ponsomby. Pour les monts Gregory, ils sont remarquables par leur régularité, leur parallélisme et leur ressemblance ; leur élévation maximum se trouve vers le

cap Gregory, et s'étendent à 45 lieues au nord, où ils se terminent par des faîtes isolés.

Les montagnes situées parallèlement de l'autre côté du détroit présentent des caractères semblables, mais sont moins élevées.

Cette partie de l'Amérique offre donc trois divisions géologiques distinctes : celle de l'ouest, appartenant aux roches cristallines, spécialement au granite, au milieu desquelles ont pénétré une grande quantité de roches ignées plus modernes ; celle du centre, qui correspond à la chaîne de montagnes principale, qui est due au relèvement des terrains crétacés, qui ont été en grande partie métamorphisés par la présence de matières ignées qui ont pénétré dans cette immense crevasse ; et enfin celle de l'est, qui appartient tout entière aux terrains tertiaires patagoniens.

Chacune de ces grandes provinces a ses caractères géologiques que nous devons résumer, et une physionomie qui lui est propre. Toutes les terres à l'ouest du canal de Magellan, la presqu'île Breecknok, et toutes les îles situées à l'ouest et au sud de l'île Hoste appartiennent aux roches cristallines. Le granite paraît être la roche qui forme les terres de la Désolation et de l'île Clarence. Ce granite présente des alternances extrêmement nombreuses avec les plus belles variétés de gneiss, de micaschistes, de roches amphiboliques qui ont une étendue considérable. Les petites îles au sud-ouest de ces terres sont principalement formées de granites qui pré-

sentent une quantité considérable de filons et de dikes de roches trappéennes ; cette constitution géologique domine jusqu'à l'archipel Adélaïde. Les grandes terres de l'ouest appartiennent toutes à des roches granitoïdes très-anciennes ; nous y trouvons des filons de porphyres, des eurites, des diorites, des roches serpentineuses, enfin presque toute la série de roches ignées que l'on trouve en dikes ou en filons dans les granites. Nous avons comparé les échantillons de roches que nous avons recueillis sur les divers points de l'ouest que nous avons parcourus, et ils se rapportent d'une manière très-remarquable à ceux qu'on trouve dans le Chili.

Sur toute la côte ouest de l'Amérique méridionale on remarque la prédominance des micaschistes, séparés souvent par des couches très-minces de quartzites présentant fréquemment des schistes à anthracites qui noircissent le papier, et blanchissent sous l'influence d'une chaleur très-élevée. Des couches très-minces de feldspath, ou encore des masses cristallines de cette même roche se rencontrent souvent dans les couches de ce schiste noirâtre qui perd quelquefois sa structure fissile, et passe à un singulier mélange de feldspath, de mica et de chlorite.

Dans la partie méridionale de la péninsule de Trèsmontes, M. Darwin a vu des roches feldspathiques altérées, mélangées de cristaux de feldspath et de grains de quartz. Ces roches présentaient des traces d'une première structure bréchiforme, et offraient souvent des traces de plans de clivage qui avaient la

même direction que les feuillets de micaschistes au nord et au sud.

A l'île Yuchemo une roche semblable passe graduellement à l'état cristallin et présente quelques lames de mica. A Saint-Estevan cette même roche prend une texture lamelleuse, et quoiqu'elle contienne encore quelques grains arrondis de granite, elle passe à l'état de schiste noir lustré, faiblement anthracifère, et alterne fréquemment avec des schistes micacés et chloritiques; ainsi toutes les roches sur cette ligne de côte appartiennent à la même série et varient insensiblement du schiste argileux feldspathique plus ou moins altéré au véritable micaschiste.

Le clivage du schiste homogène, la disposition des feuillets des schistes composés de minéraux plus ou moins distincts, et les plans d'alternance de ces différentes variétés, ou leur stratification, sont tous parallèles et conservent sur une étendue de 200 milles une remarquable régularité dans leur direction, qui est en moyenne du nord 19° ouest au sud 19° est.

La direction des couches, dans la Terre-de-Feu, dans les Malouines et dans la plus grande partie du littoral ouest, se trouve constamment en rapport avec les axes d'élévation, le dessin de la côte et la direction du clivage ou des feuillets.

Sur la pointe nord de la péninsule de Trèsmontes il existe une montagne de granite qui a de 800 à 1,000 mètres d'élévation qui se dirige de la côte dans l'intérieur des terres de l'est 28° sud à l'ouest 28° nord, et au pied de laquelle on trouve des masses

de micachistes dont les feuillets s'inclinent au nord d'environ 20°, et qui présentent une exception remarquable dans leur inclinaison. (*Voir* Darwin, page 159, *Geological observations on South America.*)

Il existe dans cette partie ouest de la côte américaine, depuis la Terre-de-Feu jusqu'au Chili, une longue suite d'épanchements de roches trappéennes ou d'anciennes roches volcaniques qui sont très-communes dans la formation argilo-schisteuse que nous allons bientôt étudier. A Saint-André, les schistes argileux sont traversés par des dikes composées de diverses variétés de trapps dirigées du nord-ouest au sud-est, parallèlement à la direction de la chaîne de montagnes, et ces trapps ont pénétré dans ces roches longtemps après leur soulèvement.

Au nord de Trèsmontes, M. Darwin a observé trois dikes de composition différente; l'un d'eux, formé d'eurite, contenait des cristaux de quartz. Ces dikes, aussi bien que plusieurs autres appartenant à des diorites porphyroïdes à la baie Waleman, s'étendaient du nord-est au sud-ouest presque à angle droit avec les feuillets des schistes, mais dans la même direction que leurs joints de stratification. Quelques épanchements ont pénétré entre les joints et ont formé des couches parallèles inclinées à 45°; elles sont formées par diverses variétés de trapp contenant des grains arrondis de quartz très-nombreux. Un de ces dikes de trapp porphyrique passait à un pétrosilex jaspoïde parfaitement blanc, à cassure vitreuse et bords transparents.

A Chiloe, à Valdivia et à Conception, la grande formation micaschisteuse ressemble à celle des îles Chonos et se dirige du nord-nord-ouest au sud-sud-est en plongeant à l'ouest-sud-ouest avec une inclinaison moyenne de 22°, inclinaison un peu moins forte qu'aux îles Chonos. Sur toute cette côte nous trouvons les mêmes alternances de roches, les mêmes dikes que nous avons indiqués précédemment. Sur l'île de Quiriquine, dans la baie de Conception, il y a dans les roches métamorphiques et dans des roches plus modernes des dikes parallèles de porphyres feldspathiques contenant des grains de quartz, et passant quelquefois à de véritables diorites.

Nous ferons remarquer ici que les roches granitiques sont très-disséminées sur le sol de l'Amérique méridionale; elles couvrent de vastes surfaces à l'est du Brésil méridional et de la république orientale de l'Uruguay; à l'ouest, on en rencontre à Valparaiso, à Conception, à Coquimbo (côte du Chili), à Cobija (littoral de la Bolivia). On en trouve encore des masses isolées dans les Cordillères. Elles varient beaucoup dans leurs espèces; au Brésil ce sont des diorites; à Valparaiso, à Cobija, à Coquimbo elles se présentent sous la forme de syénites. On trouve aussi à Valparaiso des pegmatites comme à Maldonado et à Montévidéo. A Santo-Corazon, dans la province de Chiquitos, les roches granitoïdes appartiennent aux leptinites.

A Valparaiso, à Coquimbo, à Cobija, à Palca, les

diorites, les pegmatites et les syénites forment sur le littoral du grand Océan des espèces de chaînes dirigées nord et sud, ou des mamelons isolés toujours placés à l'ouest et au pied des grandes lignes de roches porphyriques, et elles ne sont séparées que par quelques bassins tertiaires.

Les roches dioritiques dominent dans l'île de Clarence; les syénites paraissent, au contraire, former les grandes terres de la Désolation, la presqu'île de Croker et l'Archipel de la reine Adélaïde. Mais le fait important à noter ici, c'est que ces roches granitoïdes appartiennent aux mêmes espèces que celles que nous avons vues dans le Chili et dont on rencontre de très-nombreux échantillons sur le littoral depuis Valparaiso. Ce ne sont pas des formations continues, elles sont séparées par des terrains tertiaires et se présentent isolées çà et là.

Nous croyons que ces roches granitoïdes appartiennent à la période du gneiss et sont probablement de l'époque silurienne. Dans les parties qui avoisinent la grande chaîne centrale, relevée probablement par l'intrusion des porphyres, nous trouvons que ces roches sont injectées dans des masses de gneiss et de talcschistes très-considérables et qui forment les montagnes de la partie orientale de la presqu'île de Brunswick. Ce sol est remarquable par la pauvreté de sa végétation, aussi la terre principale qui appartient à cette province géologique a-t-elle été justement nommée terre de la Désolation. L'archipel Adélaïde, la presqu'île de Croker, l'ouest de Brunswick, l'île

Clarence, les îles Stewart, Londondery, Gordon, Hoste, etc., appartiennent à la même formation. Les montagnes que l'on rencontre dans cette partie du détroit n'atteignent point de grandes hauteurs comme celles de la partie moyenne du détroit; ce sont, en général, des montagnes d'une élévation peu considérable, arrondies, nues, stériles; les déblais formés par la destruction des roches paraissent peu propres à la végétation; c'est un sol très-pauvre, couvert seulement de broussailles ou d'arbres rabougris. Les vents violents qui règnent dans cette partie du détroit sont sans doute aussi un obstacle considérable au développement de la végétation.

Les torrents d'eau qui descendent des sommets escarpés entraînent au loin la terre végétale, et les arbres ne peuvent, par conséquent, s'y établir. Dans les creux des rochers, où la terre est à l'abri de ces courants, le peu d'humus qui s'y rassemble est si insuffisant à la végétation que les arbres atteignent à peine à des diamètres de 8 à 10 pouces.

Il y a une différence non moins remarquable dans la topographie que dans la végétation des terres du centre et celles de l'ouest; dans cette partie, les montagnes ne se présentent pas en chaînes régulières, en lignes continues; les côtes, au lieu d'être coupées en ligne droite, présentent une multitude de caps et de baies où les navires peuvent chercher un abri, dangereux il est vrai, car cette partie du détroit est semée d'écueils, d'îles de diorite ou de granite qui entravent souvent la navigation et rendent le pas-

sage très-difficile. Heureusement ces rochers sont presque toujours indiqués par des touffes de fucus magellanicus qui végètent à leur partie supérieure, s'étalent sur les eaux et avertissent les pilotes des dangers qu'ils courent dans ces parages; il est extrêmement curieux de voir disparaître totalement cette disposition aussitôt que l'on passe dans une autre partie du détroit appartenant aux roches stratifiées.

Terrains secondaires.

Nous avons déjà examiné les formations de la partie centrale du détroit de Magellan au port Famine, nous n'avons plus ici qu'à grouper autour des faits quen ous avons indiqués les observations recueillies dans les autres parties des terres magellaniques par l'expédition anglaise du Beagle et par quelques autres voyageurs.

Au sud de la Terre-de-Feu, la formation argilo-schisteuse présente des altérations plus profondes et devient de plus en plus feldspathique. Ainsi sur l'île de Wolaston la phyllade et la grauwacke passent distinctement aux roches feldspathiques et aux diorites, renferment des pyrites de cuivre, de l'épidote, tout en conservant sa direction et son inclinaison habituelles, et même des traces de clivage. Ces masses métamorphisées sont traversées par de larges filons d'épidotes, de grenats et de calcaire blanc spathique. Au nord de cette île, il existe plusieurs masses de roches volcaniques, vomies du sein des flots; elles

appartiennent aux basaltes et à l'olivine décomposée, aux laves compactes mélangées de feldspath vitreux, à des conglomérats de scories rougeâtres avec des cavités amygdaloïdes remplies de carbonate de chaux. La partie méridionale de cette île, les îles Hermite et Horn, paraissent formées de cônes de diorite.

Les petites îles de Ildefonso et D. Ramirez, d'après les échantillons rapportés par Weddel, seraient formées de laves porphyriques. Dans la péninsule Hardy, les phyllades, tout en conservant des traces de clivage, passent à des roches feldspathiques auxquelles succèdent des masses irrégulières de roches basaltiques et trappéennes contenant du feldspath vitreux et beaucoup de pyrites de cuivre; on a rencontré dans cette même localité des porphyres argileux rouges et une variété de trachyte présentant des noyaux de hornblende; sur un autre point, une roche schisteuse très-curieuse se divise en colonnes quadrangulaires reposant sur des roches presque entièrement semblables à des trachytes et présentant des cavités remplies de cristaux trop imparfaits pour être mesurés, mais qui, d'après le professeur Miller, ressemblent à la zéagonite. Au milieu de ces roches, qui témoignent de l'existence d'un ancien volcan sous-marin, s'élève une montagne de phyllade feldspathique avec son clivage habituel; comme nous l'avons dit, on n'a point encore trouvé de traces évidentes de volcans récents dans la Terre-de-Feu; un seul a été indiqué par Basile Hall, qui vit une

éruption en 1820. Son observation n'a pas été confirmée.

A 5 milles à l'ouest de la bifurcation du canal du Beagle, les phyllades deviennent, comme au sud du la Terre-de-Feu, de plus en plus feldspathiques, s'associent aux roches trappéennes et volcaniques et passent peu à peu à des gneiss, à des masses compactes de schistes lustrés, et enfin à des micaschistes contenant des grenats.

Les feuillets de ces schistes métamorphiques sont parallèles aux plans de clivage des phyllades qui ont une direction très-uniforme sur toute cette partie de la contrée. Les feuillets sont parfois ondulés et contournés lorsque les plans de clivage sont droits. Ces schistes composent la principale chaîne de la Terre-de-Feu qui s'étend de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est, et qui est dominée par les pics du Sarmiento (2073 mètres), et celui du Darwin (2130 mètres). Sur la côte sud-ouest du bras nord du canal du Beagle, les strates de phyllades s'inclinent à partir de la grande chaîne, de sorte que les schistes métamorphiques forment un faîte borné de chaque côté par des schistes argileux; mais un peu plus loin, à l'ouest, on ne retrouve plus de schistes argileux, mais seulement du gneiss, des micaschistes, des roches amphiboliques, reposant sur des montagnes de véritables granites.

Sur les deux côtés du canal du Beagle, on rencontre des roches cristallines formées par un mélange d'albite blanche, de hornblende noire, d'une quantité

variable de mica, sans trace de quartz. Cette roche ressemble extérieurement au granite ou à la syénite; elle a soulevé les micaschistes sur lesquels reposent les phyllades; cette roche plutonique particulière que l'on rencontre dans plusieurs points du détroit est extrêmement voisine des roches plutoniques du Chili que l'on a appelées andésite et qui forment les roches d'intrusion des grands axes des Cordillères du Chili.

La stratification des phyllades est généralement très-difficile à reconnaître, leur clivage est au contraire très-bien marqué; les plans de clivage près du détroit de Lemaire se dirigent de l'ouest à l'est ou de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est et sont très-inclinés; la forme des terres voisines indique que les axes d'élévation ont suivi cette même ligne, bien qu'on ne puisse distinguer les plans de stratification. Ces lames de clivage présentent une direction très-régulière sur l'île Navarin, sur les deux côtés du canal du Beagle, sur la péninsule Hardy et l'île Wolaston, la direction générale est de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est; ces phyllades sont traversées dans plusieurs points par des joints de stratification parallèles, excepté dans cinq cas. L'angle d'intersection entre la direction de ces joints et ceux des feuillets de clivage était dans deux cas de 45° et dans deux autres de 79°

Dans plusieurs points, M. Darwin a vu de belles lames de phyllades qui, en traversant les bancs de stratification comme le font souvent les plans de cli-

vage, présentaient des différences de nuances dans leur couleur, leur dureté, quelques-unes affectant l'apparence du jaspe : ce fait montre que la même cause qui a donné à ces roches la structure fissile, a modifié à un haut degré les caractères minéralogiques de cette roche dans les mêmes plans. La direction du clivage paraît correspondre en général à la direction des montagnes, et cela sur une étendue considérable ; ainsi le clivage des phyllades et la disposition en feuillets des schistes métamorphisés se montrent constants sur une étendue de 40 milles du nord au sud et de 90 milles de l'est à l'ouest.

La partie centrale des terres magellaniques qui forme la seconde province géologique, appartient donc aux roches crétacées, qui ont un développement remarquable dans l'Amérique méridionale, et que l'on trouve sur les flancs des Cordillières depuis la Colombie jusqu'à la Terre-de-Feu. On les trouve spécialement auprès de ces montagnes; elles sont inconnues dans le Brésil et les autres provinces de l'est.

On ne trouve point les roches que nous avons décrites dans le détroit, sur la côte chilienne entre le détroit et Conception, où l'on voit dominer la formation du micaschiste, soulevée et modifiée par les intrusions de porphyre et de roches trappéennes.

A Conception et à Valdivia nous retrouvons cependant une formation schisto-argileuse sans fossiles, qui se dirige du N. O. au S. E., qui est extrêmement contournée et parcourue par de nombreuses veines de quartz.

Les terrains crétacés se rencontrent au sommet des Andes chiliennes, et se retrouvent en contact avec les porphyres à Copiapo [1], à Coquimbo, à mi-hauteur des Cordillères [2], à Mapu, près de Santiago [3], et au pont de l'Inca.

Ces roches argileuses, noirâtres, compactes, qui ont passé à l'état de phyllades, et qui affectent une structure schisteuse, offrent l'aspect d'anciennes roches de transition, et possèdent une quantité assez remarquable de fossiles caractéristiques des terrains crétacés.

M. d'Orbigny, qui, dans le deuxième volume, donnera une description de ces fossiles, les rapporte à l'étage néocomien et les rapproche de ceux de la faune crétacée de la Colombie. Il croit, au contraire, que les terrains crétacés de la Cordillère chilienne dépendent de l'étage des craies chloritées de notre époque. Ce savant paléontologue conclut de cette circonstance qu'il est probable que ces terrains crétacés appartiennent à deux époques différentes.

Quoi qu'il en soit, il est très-évident, par la disposition des terrains crétacés de la Colombie et du détroit, aussi bien que par ceux des Cordillères chiliennes, que ces terrains ont été relevés par l'intrusion des roches porphyriques et ont formé le premier relief des Andes principales. Les Andes mari-

[1] De Buch, Pétrifications, etc., p. 4.

[2] D'après les recherches de Domecko, rapport de M. Dufrénoy, Comptes rendus, t. XIV, n° 15, p. 556 (1842).

[3] De Buch, ouvrage cité, p. 20.

times existaient déjà. Les terrains crétacés se trouvent reposer sur les granites de l'ancien continent, et ont été relevés sur une étendue considérable par le premier soulèvement des grandes Andes. C'est par l'existence des Cordillères, antérieurement à l'époque tertiaire, que l'on peut seulement expliquer la présence de débris de roches porphyriques dans ces dépôts tertiaires, et la présence d'un grand nombre d'ossements et de squelettes, qui ont dû provenir d'un continent voisin.

D'après M. d'Orbigny, ce relèvement des terrains crétacés en Amérique se serait fait à deux époques distinctes très-voisines. Immédiatement après le dépôt des terrains nécomiens, deux systèmes contemporains auraient été formés, l'un, le système colombien, tracé environ dans la direction du N. 33° E., au S. 33° O., aurait formé la montagne de la Summa Paz et des Quindiu, en élevant les terrains crétacés du plateau de Bogota; l'autre, le système fuegien, qui est dirigé du N. 30° E. au S. 30° O., systèmes qui représentent les deux extrémités de la chaîne actuelle. Et postérieurement à l'entier dépôt des terrains crétacés, les grandes lignes de dislocation, produites par les épanchements des porphyres qui s'étendent depuis le Chimborazo jusqu'au détroit de Magellan, sur 50 degrés de longueur, auraient soulevé les terrains crétacés des côtes chilienne et péruvienne. C'est alors que le système chilien aurait pris un premier relief dans la direction N. 5° E. et S. 5° O., depuis le détroit de Magellan jusqu'à sa jonction avec le

système bolivien, qu'il a longé à l'O. en élevant les terrains crétacés du plateau de Guancavélica ; c'est alors que par les mouvements du sol et par les courants d'eaux qui avaient lavé ce sol se serait formé le terrain tertiaire guaranien, qui couvre la province de Moxos et une si grande partie des Pampas.

Je ne comprends pas la nécessité d'admettre ces deux époques; les différences que présentent les fossiles du Chili et ceux du détroit de Magellan ne me paraissent pas suffisantes pour séparer ces deux formations; toutes deux ont été relevées par l'intrusion des porphyres ; pour le détroit de Magellan, c'est un fait constant. Ces roches sont très-fréquentes dans les montagnes de la grande chaîne, et les dépôts erratiques du détroit en contiennent des fragments extrêmement nombreux. Il faudrait admettre, suivant l'hypothèse de M. d'Orbigny, que dans le détroit de Magellan un premier soulèvement du N. E. au S. O. aurait été produit par l'intrusion des diorites ou autres roches cristallines qui forment les sommets de ces montagnes, qui auraient été ensuite disloquées par l'intrusion des porphyres, et cela à des époques très-rapprochées. Il me paraît plus simple d'admettre que les terrains crétacés qui s'étaient formés sur un sol granitique et sur des terrains de transition ont été relevés avec des masses de ces dernières roches par l'intrusion générale des porphyres, et je crois qu'il ne faut pas attacher une si grande importance à la légère différence de direction qu'offre la chaîne fuegienne, différence qui se présente souvent dans

des chaînes régulières et qui ne me paraît pas une raison suffisante pour faire intervenir deux soulèvements successifs.

Entre les terrains granitiques que nous voyons dans l'est du détroit et que nous savons être contemporains de ceux que nous avons étudiés dans le Chili, et les terrains crétacés que nous venons d'examiner dans la chaîne centrale, nous ne connaissons pas de lambeaux des terrains carbonifères triasiques et rien qui puisse rappeler les terrains jurassiques ; il y a cependant quelques traces des terrains siluriens. Nous avons recueilli près du port Galant des échantillons de quartzite et de phyllade grise et rose qui pourraient très-bien se rapporter à l'étage des terrains siluriens. Cela nous paraît d'autant plus probable que ces roches avec des fossiles des terrains siluriens ont été trouvées dans les Malouines, ainsi que nous l'avons déjà indiqué; et d'autre part quelques îles du sud de l'Amérique méridionale, les Powell par exemple, appartiennent probablement à cette formation. Nous ne donnons ces observations qu'avec la circonspection qu'impose un examen superficiel, nous n'avons aucun fossile pour déterminer l'âge de ces terrains, et nous ne connaissons pas d'une manière assez exacte la géologie des terres magellaniques pour pouvoir, par la superposition, arriver à une démonstration.

Cette partie du détroit offre un très-grand intérêt; elle présente une végétation admirable; les vallées et les parties des montagnes abritées contre les

vents sont couvertes de forêts magnifiques, et de belles prairies s'étendent partout où les bois forment des clairières. Les roches stratifiées qui forment ces montagnes présentant une direction constante et régulière, il en résulte de grandes vallées protégées contre les vents; elles sont parcourues par des cours d'eau qui déposent sur le sol une quantité considérable de débris qui, en se transformant rapidement en humus, forment un sol d'alluvion extrêmement propre au développement de la végétation. Aussi tous les voyageurs qui ont traversé cette partie du détroit ont été frappés de sa richesse et ont été disposés à y fonder des colonies qui, malheureusement trop loin de la mère patrie et incapables de se suffire par le commerce ou l'agriculture, ne peuvent être considérées que comme des colonies militaires.

Cette partie des terres magellaniques mérite une attention toute particulière. Elle est un exemple frappant des caractères qu'impriment à un pays les moindres modifications du sol. A l'ouest, nous avions des montagnes granitiques d'une médiocre élévation toutes stériles et désolées; des côtes découpées par une infinité de bancs et de promontoires, des bras de mer semés d'îles et d'écueils. Ici nous ne trouvons plus rien de semblable; les montagnes, quelles que soient leurs hauteurs, sont couvertes jusqu'au pied des glaciers d'une magnifique végétation; les côtes présentent une régularité très-remarquable; les détroits sont de grandes vallées à parois parallèles, le canal Saint-Gabriel en est un exemple bien remar-

quable; le golfe de l'Amirauté, le canal du Beagle, etc., présentent des côtes entièrement régulières, et, pour ainsi dire, dressées au cordeau; les baies, les caps présentent tous des directions semblables. Rien n'est plus saisissant que le contraste que présente la topographie de l'ouest du détroit, offrant un assemblage confus et immense de montagnes, d'îles semées çà et là sans ordre, sans direction commune, comparée à la topographie du centre, qui se distingue par la régularité parfaite des lignes de montagnes, la régularité des strates, le parallélisme de toutes les baies, des canaux, des détroits, l'absence totale d'îles et d'écueils, pays tout à fait différent, à quelques milles à peine de celui que nous venons d'étudier.

En suivant la côte de la presqu'île de Brunswick et en nous élevant au nord-est, nous remarquons les mêmes caractères de ce sol calcareo-schisteux jusqu'au cap Négro, où nous allons voir apparaître les terrains tertiaires patagoniens, et ici le paysage change de nouveau aussi complétement que la nature du sol. Au sol montagneux que nous venons de parcourir succèdent les immenses plaines des Pampas, formées de couches extrêmement modernes, de graviers à peine soulevés du sein des eaux, de roches argileuses, argilo-marneuses, de molasse de grès sur lesquels nous rencontrons partout un dépôt erratique d'une épaisseur variable.

Terrains tertiaires.

Examinons avec soin ce terrain tertiaire qui occupe une étendue si considérable du continent américain. Au chapitre IV, havre Pecket, nous avons donné des détails sur la nature de ces terrains dont nous n'avons étudié alors qu'un lambeau. Dans ce résumé général, dans lequel nous nous efforçons de classer les formations des terres magellaniques dans l'histoire générale des terrains de l'Amérique méridionale, nous étudierons les terrains tertiaires de la Patagonie en nous aidant des travaux des naturalistes qui ont parcouru ces contrées et spécialement de ceux de MM. d'Orbigny et Darwin.

Les terrains tertiaires de l'Amérique méridionale s'étendent à peu près du pied des Cordillères et du nord du Rio de la Plata jusqu'à la partie méridionale de la Terre-de-Feu. Cet immense bassin tertiaire offre une surface irrégulière, rétrécie vers le nord, du 17e au 26e degré de latitude, entre les Cordillères à l'ouest et les montagnes du Brésil et du Paraguay à l'est ; très-élargi de ce point jusqu'à l'embouchure de la Plata, il y est encore limité par les Cordillères et par les montagnes primitives du Brésil ou de la Banda orientale. De là, n'étant plus borné à l'est, ces couches tertiaires viennent se perdre sous les eaux de la mer ; mais depuis le parallèle de la Plata jusqu'au détroit de Magellan, à mesure que la Cordillère s'abaisse vers le sud, la largeur des terrains tertiaires diminue et finit par former une langue de terre de

plus en plus étroite jusqu'au détroit de Lemaire, où elle vient finir. Telles sont les limites des terrains tertiaires indiquées par M. d'Orbigny. Ces formations s'étendent du 17° au 52° de latitude sud, sur une longueur nord et sud de 35° ou 875 lieues géographiques. Leur plus grande largeur, de l'est à l'ouest, est de 12 degrés ou 300 lieues, et leur superficie est de 206 degrés ou plus de 128,000 lieues carrées de surface; c'est presque la moitié de l'Europe.

Le bassin tertiaire des Pampas se composerait, d'après M. D'Orbigny, qui a étudié les terrains du nord de la Patagonie, de trois parties distinctes, qu'il appelle : l'inférieure, tertiaire guaranien; la moyenne, tertiaire patagonien; la supérieure, tertiaire pampéen ou argile pampéenne; il n'y a plus au-dessus de cette dernière couche que des couches modernes, alluviales et erratiques.

Le terrain guaranien a été examiné par M. D'Orbigny dans la falaise du Parana, au-dessus de la ville de Corrientes, jusqu'à la province des Missions; et de cette ville jusqu'au Rio-Corrientes et jusqu'aux environs de San-Borja, il recouvre probablement une grande partie des provinces des Missions actuellement portugaises, et le nord de la République orientale de l'Uruguay jusqu'au sud du Salto. Vers le N. on le retrouve encore au 17° degré de latit. S., dans les provinces de Chiquitos. Ce qui ferait penser que la plus grande partie du Paraguay en serait composée. A Chiquitos, les couches inférieures reposent sur des collines de gneiss; aux Missions elles ont été

soulevées par des roches d'origine ignée ; vers le 30° de latitude, elles disparaissent sous les terrains tertiaires patagoniens.

Le terrain tertiaire guaranien se compose de trois couches concordantes :

La première, de grès ferrugineux, souvent remplis de rognons d'oxyde rouge ou d'hydrate de fer géodique et de belles sardoines de diverses couleurs à angles émoussés. Ce grès forme au-dessus de Corrientes des masses dures et souvent caverneuses. Il est beaucoup plus friable au-dessous de ce point, et offre quelques couches intermédiaires d'argile. Les terrains tertiaires qui nivellent les collines de gneiss de la province de Chiquitos appartiennent à cette couche, M. D'Orbigny n'y a rencontré aucune trace de fossiles, et leur donne cinquante mètres dans leur plus grand développement.

La seconde, de calcaire à fer hydraté, espèce de calcaire argileux gris-blanchâtre, rempli de rognons plus durs, souvent très-compactes, de cailloux, de quartz et de beaucoup de grains arrondis de fer hydraté ; il ne renferme pas de traces de fossiles, sa plus grande puissance est de 4 mètres environ.

La troisième couche est composée d'argile gypseuse grise, remplie de nodules plus durs, mais ne contenant plus de fer, cette substance y étant remplacée par un grand nombre de petits rognons de gypse disséminés par couches dans l'argile. Elle ne présente pas de fossiles, sa puissance est de 4 mètres.

Ces trois couches, d'une épaisseur variable, plon-

gent légèrement à l'ouest des Missions, jusqu'à Corrientes. De cette ville, vers le sud, elles paraissent être presque horizontales, se relèvent peu à peu au-dessus de la pente du Parana jusqu'au 30° degré, où elles finissent par s'enfoncer au S. sous le tertiaire patagonien.

Le terrain tertiaire patagonien ou la formation patagonienne a été étudiée par M. D'Orbigny, sur le cours de Parana, depuis la Esquina jusqu'à la Bajada, sur 2 degrés de longueur et sur le bord du Rio-Negro, dans la république de l'Uruguay. Il a été étudié par M. Darwin sur les bords du Rio de la Plata, au port Désiré, au port Saint-Julien, à Santa-Crux, et dans un voyage que cet habile observateur a fait par terre jusqu'aux pieds des Cordillères. Nous l'avons étudié nous-même dans les environs du havre Pecket, dans le détroit de Magellan.

Dans la province d'Entre-Rios, à l'ouest de l'Uruguay, au sud de la province d'Entre-Rios à Buénos-Ayres, jusqu'au Rio-Colorado, frontière de la Patagonie, et partout à l'ouest des Pampas, le terrain tertiaire est recouvert par une formation argileuse que nous étudierons bientôt sous le nom d'argile pampéenne, depuis l'embouchure du Rio de la Plata jusqu'au Rio-Négro à peu près.

Ce terrain tertiaire ne présente pas identiquement les mêmes couches sur toute cette immense surface, et la partie septentrionale et la partie patagonienne proprement dite méritent une description spéciale.

La formation tertiaire patagonienne proprement

dite présenterait au N., dans les parties étudiées par le savant naturaliste que nous venons de citer, les couches suivantes :

1° A la partie inférieure, des grès marins plus ou moins ferrugineux, verts ou rougeâtres, composés de grains quartzeux très-fins, et contenant des coquilles fossiles souvent dans leur position naturelle. Ces coquilles sont le *Pecten patagonensis* et l'*Ostrea Ferrarisi* d'Orb., des *Vénus* et quelques autres indéterminables, toutes appartiennent à des espèces éteintes.

2° Des grès et des calcaires blanchâtres, et au N. des grès ferrugineux très-durs sans fossiles.

3° Des grès à ossements formés, au S., d'un grès gris compacte, au N. d'un grès friable rougeâtre, composé de grains quartzeux, et renfermant avec des tronçons de bois fossiles passés à l'état siliceux et appartenant à des conifères, un très-petit nombre d'ossements de mammifères, des restes appartenant à des animaux de races éteintes, aux *Megamys patagonensis* et *Toxodon paranensis.* A la partie supérieure de ces couches, on trouve en Patagonie un banc contenant, avec beaucoup de débris de poissons, des coquilles évidemment fluviatiles et munies encore de leurs deux valves. C'est l'*Unio diluvii* et une *Chilina* qui n'ont pas été déterminées et qui appartiennent à des races perdues, mais qui, d'après M. Darwin, auraient des analogies et des représentants parmi les coquilles vivantes.

4° Des alternances de grès rougeâtre et d'argile

remplie de gypse, des grès azurés d'une grande puissance, le tout sans aucune trace de corps organisés.

5° Au N. et au S., une alternance d'argile et de grès composée de grains quartzeux réunis par du calcaire; on trouve ces couches aux deux extrémités des Pampas avec les mêmes fossiles marins, tous dans leur position naturelle. L'*Ostrea patagonica* formant de grands bancs en place et bien conservée, *Ostrea Alvaresii*, *Ostrea Ferrarisi*, *Venus Munsterii*, *Arca Bonplandiana*, *Cardium platense*, *Pecten paranensis*, *Pecten Darwinianus*. Ces couches renferment beaucoup de gypse.

Ce terrain tertiaire patagonien nous intéressant à un très-haut degré, nous donnerons quelques détails sur sa nature, sa disposition et ses fossiles.

Les falaises tertiaires qui forment la rive méridionale du Rio-Négro ont environ 60 mètres, et sont composées de grès de teintes variables et de divers degrés de grosseur. Une de ces couches avait une teinte rougeâtre et l'aspect terreux des formations pampéennes. Au pied des escarpements. M. Darwin a recueilli quelques échantillons de pierres ponces et a reconnu dans les couches que nous avons indiquées un lit de quelques pouces d'épaisseur. Cette roche est blanche, happe à la langue, est fusible et d'une très-grande légèreté; examinée au microscope, on reconnaît que ce sont des tufs par des débris de pierres ponces avec quelques fragments de cristaux. Ces lits et la présence de conglomérats

ponceux montrent que les volcans des Cordillères étaient en action pendant l'époque tertiaire.

Dans un lit, à la base de ces escarpements, M. d'Orbigny a trouvé deux coquilles d'eau douce appartenant à des espèces éteintes, une *Unio* et une *Chilina*. Ce lit repose sur un autre qui contenait des os de rongeurs d'espèces perdues, et spécialement le *Megamys patagonensis*. Les espèces trouvées par M. d'Orbigny dans cette formation, sont :

Ostrea patagonensis,	d'Orb.
— *Ferrarisi*,	id.
— *Alvaresii*,	id.
Pecten patagonensis,	id.
Venus Munsterii,	id.
Arca Bonplandiana,	id.

D'après M. d'Orbigny, ces grès s'étendent à l'O. le long de la côte jusqu'au port San-Antonio, et du Rio-Négro vers l'intérieur.

Au nord elle s'étend jusqu'à la rive sud du Rio-Colorado, où elle forme une plaine basse et dénudée. Cette formation, quoique contemporaine avec celle du reste de la Patagonie, présente des différences dans sa composition minéralogique; différences qui peuvent être attribuées aux sédiments transportés autrefois par le Rio-Négro, ainsi que l'indique la présence de coquilles d'eau douce et celle de squelettes d'animaux terrestres. En jugeant d'après l'idendité qu'ont présentée les coquilles fossiles, M. d'Orbigny pense que cette couche est contemporaine de celle que

recouvre la formation pampéenne dans l'Entre-Rios, et le Banda oriental. Les graviers qui recouvrent ces plaines et qui se présentent ici avec un ciment calcaire et des nodules de gypse sont, d'après M. Darwin, probablemcnt contemporains avec les lits les plus modernes de la formation pampéenne des plaincs supérieures au nord du Colorado.

A San-Joseph les grès s'élèvent à 100 pieds, la couche inférieure présente une variété brunâtre légèrement calcaire, et qui, par la percussion, répand une odeur fétide; dans cc lit, M. Darwin a trouvé l'*Ostrea patagonica* marquée de dendrites de manganèse et de petites corallines très-nombreuses. On y a rencontré les fossilcs suivants :

Ostrea patagonica, d'Orb.
— *Alvaresii :* id.
Pecten paranensis, id.
— *Darwinianus*, id.
— *actinodes*, G. B. Sow.
Terebratula patagonica, id.

Toutes ces couches paraissent horizontales. Un examen attentif fait cependant reconnaître qu'elles s'élèvent un peu à l'E. A la surface nous trouvons encore un lit considérable de graviers porphyriques, et au-dessus, dans le sable, quelques coquilles modernes.

Ces couches tertiaires paraissent s'étendre tout le long de la côte, depuis le Rio-Chupat jusqu'au port Désiré. Elles sont interrompues par des épanche-

ments de porphyre et par quelques roches métamorphiques, sur lesquelles nous dirons quelques mots.

Au port Désiré, M. Darwin a trouvé une excellente coupe de ces masses fossilifères de 40 pieds d'épaisseur, qui repose sur des masses d'argilophyre. On la rencontre à quelques milles au-dessous du port; les fossiles suivants ont été recueillis dans cette formation.

Ostrea patagonica, d'Orb.
Pecten paranensis, id.
— *centralis*, G. .B Sow.
Cuculæa alta, id.
Nucula ornata, id.
Turritella patagonica, id.

Ces couches fossilifères sont recouvertes par une épaisseur considérable d'un dépôt blanc jaunâtre ou gris, et qui est formé par des débris de pierres ponces. Ces roches, formées de poussière extrêmement fine, sont très-légères, happent à la langue, sont parfaitement fusibles et exhalent une légère odeur alumineuse; elles contiennent de très-légères quantités de chaux et quelques traces de gypse.

Le professeur Ehrenberg, en étudiant ces couches sous le microscope, a reconnu des infusoires marins dont le plus grand nombre est connu et appartient principalement à l'Océan. On doit admettre avec Darwin et le professeur Ehrenberg que ce dépôt, formé d'éléments de nature volcanique, a été remanié par les eaux.

Au port Saint-Julien on trouve aussi d'excellentes coupes des terrains tertiaires ; ils présentent à leur partie supérieure : 1° une masse terreuse renfermant des restes de *Macrauchenia* avec quelques coquilles modernes à leur surface ; 2° un dépôt de graviers porphyriques qui, dans sa partie inférieure, alterne avec un dépôt de limons ponceux ; 3° un dépôt limoneux volcanique ressemblant parfaitement à celui que nous avons indiqué au port Désiré ; 4° une masse fossilifère divisée en trois couches : la supérieure est mince et formée de grès ferrugineux contenant un grand nombre de valves de la grande *Ostrea patagonica* et du *Pecten patagonensis* ; le lit du milieu est composé de grès jaunâtre rempli de *Scutella ;* le lit inférieur présente une couche de sable compacte grisâtre renfermant de larges concrétions formées par des incrustations calcaires, de grandes coquilles d'*Ostrea* et des fragments de Balanes. Les coquilles trouvées dans ces couches sont :

Ostrea patagonica d'Orb.
Pecten paranensis, id.
Pecten centralis, Sow.
Pecten geminatus, id.
Terebratula patagonica, G. B. Sowerby.
Struthiolaria ornata, G. B. Sowerby.
Fusus patagonicus, id.
Fusus noschimus, id.
Scalaria rugosa, id.
Turritella ambulacrum, id.

Pyrula, G. B. Sowerby.
Balanus varians, id.
Scutella, id.

Ces masses fossilifères n'occupent pas une très-grande étendue, et les terres voisines qui s'élèvent de 30 à 50 mètres paraissent entièrement formées de ce dépôt limoneux volcanique que nous avons examiné précédemment, et dans lequel on trouve une quantité considérable de lits très-minces de gypses transparents; des coquilles d'*Ostrea*, de *Pecten paranensis* et de *Turritella ambulacrum*, se rencontrent dans ces couches détritiques. Le professeur Ehrenberg a retrouvé dans ces dépôts presque tous les organismes microscopiques qu'il avait reconnus dans les dépôts du port Désiré.

Santa-Cruz a été examiné avec un très-grand soin par M. Darwin, qui nous a donné sur cette localité des détails d'une très-haute importance.

Les falaises couvertes de graviers à l'embouchure de la rivière ont 120 mètres de hauteur; les couches inférieures, jusqu'à 12 ou 16 mètres, sont formées d'un grès argileux plus ou moins dur contenant une grande quantité de fossiles, les uns silicifiés, les autres convertis en masses calcaires jaunâtres : on y trouve en très-grande abondance la grande *Ostrea*, des *Trigonocelia* et des *Turritella*. Le *Pecten paranensis*, si commun dans les autres couches, ne se trouve point dans celles-ci, qui du reste sont parfaitement semblables aux dépôts inférieurs

du port Désiré. Au-dessus de ces dépôts, on trouve trois grandes strates formées de ces limons volcaniques blanchâtres mélangés de sable que nous avons déjà signalés, elles sont traversées par de nombreuses veines de gypse à fibres transverses, mélangées de sulfate de magnésie, qui forme quelquefois des veines entières. Le lit du milieu est plus compacte que les deux autres et ressemble davantage à un grès ordinaire; il renferme de nombreuses concrétions calcaires et quelques coquilles. Dans les lits supérieurs et inférieurs ces concrétions sont formées de matières tellement fines et compactes qu'elles ressemblent à de la porcelaine; ils ne contiennent qu'un petit nombre de coquilles.

En remontant la rivière, les strates supérieures se prolongent à l'intérieur jusqu'à 50 milles avec les mêmes caractères; au delà elles se subdivisent en couches de même nature, mais de nuances différentes, jaunes, blanches ou grises. A 100 milles de la côte, M. Darwin a trouvé ces dépôts volcaniques formés de ponces et tuffs trachitiques plus compactes; ils sont plus colorés et plus durs et contiennent un moins grand nombre de coquilles fossiles; ces lits sont aussi de plus en plus distincts par la couleur des matières qui les composent. On rencontre à 76 milles de l'embouchure de la rivière une couche considérable de lave basaltique située au-dessus des dépôts que nous venons de décrire, et de là cette couche s'étend sans interruption jusqu'aux pieds des Cordillères. Ce basalte est généralement

noir, quelquefois gris et lamelleux ; il contient de l'olivine, et plus loin, vers les Cordillères, on rencontre des roches feldspathiques vitreuses et amygdaloïdes.

D'un point situé à peu près au milieu de la vallée, les masses basaltiques s'élèvent plus rapidement vers les Cordillères, et spécialement entre 1000 et 2000 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Ce grand déluge de lave est digne, par ses dimensions, du grand continent sur lequel il s'est épanché ; ces divers courants se sont répandus depuis les Cordillères jusqu'à une distance de 100 milles géographiques ; près de leur extrémité, leur épaisseur totale est de 43 mètres. A 35 milles plus loin, dans l'intérieur des terres, elles atteignent une hauteur de 107 mètres.

La moindre inclinaison indiquée par M. Élie de Beaumont pour les surfaces des courants de lave est 0° 30′, c'est celle de la grande éruption du Skaptar-Jukul en Islande, le savant professeur pense que les laves peuvent couler sur une inclinaison moyenne d'environ 0° 20′; nous verrons ici que sous la pression de la mer, des courants successifs de laves se sont épanchés sous un angle moins considérable.

A 40 milles 1/2 dans l'intérieur des terres, d'après trois observations de hauteurs faites au-dessus du niveau de la rivière (dont la pente uniforme a été calculée jusqu'à 35 milles de son embouchure), la surface de la lave s'incline vers l'Atlantique suivant un angle de 0° 7′ 20″ seulement. Cette mesure peut

être considérée comme approximative ; mais l'erreur est sans doute très-petite : d'après les hauteurs prises sur deux points, l'inclinaison moyenne des lits de sédiment est maintenant (après son élévation au-dessus de la mer) de 0° 7′ 52″ seulement ; si on mesure le fond de la mer, de l'embouchure de la Santa-Cruz aux îles Falkland, on trouve que le fond, à partir de 16 brasses jusqu'à une profondeur de 85 brasses, présente une pente de 0° 1′ 22″. Entre le bord et une profondeur de 17 brasses, la pente est plus rapide.

Les basaltes se présentent souvent en colonnes qui atteignent dans quelques localités des proportions énormes ; leurs faces ont quelquefois 3 mètres de largeur, leurs interstices sont remplis d'un tuf calcaire. A la limite extérieure des courants de lave, les intervalles des couches sont comblés jusqu'au niveau des plaines actuelles couvertes de gravier, par des lits horizontaux des sédiments blanchâtres qui forment le sol inférieur : ce qui prouve que ces matières ont continué à se déposer pendant l'épanchement des laves, et que ces basaltes sont contemporains de la grande formation tertiaire. La lave, au point où on la rencontre d'abord, a environ 40 mètres d'épaisseur ; elle a été formée par deux ou trois épanchements, et comme les courants se sont étendus à des distances différentes, les couches de lave n'ont pas constamment la même hauteur ; leur pente était moindre que 0°7′52″. La surface moyenne de ces laves, dans une étendue de 50 milles et demi, a une

inclinaison plus petite que 0°7′20″. Si l'élévation de la Patagonie a été plus grande vers les Cordillères que vers l'Atlantique (ce qui est probable), alors les angles indiqués sont tous trop grands ; nous devons dire que les mesures données ont été obtenues par des observations barométriques faites avec beaucoup de soin.

Au port Gallegos, à 90 milles au-dessus de Santa-Cruz, le capitaine Sullivan a trouvé une plaine couverte de graviers de 70 à 100 mètres de hauteur, formée de strates nombreuses composées les unes de matières à grains fins et peu colorés, semblables à celles des couches supérieures que nous avons citées à l'embouchure de la Santa-Cruz ; les autres de matières plus brunes et plus grossières qui forment des masses semblables à des tufs. Ces dernières contiennent des fragments de roches volcaniques décomposées et quelques lits de gravier. Cette formation est extrêmement remarquable par la présence des restes de mammifères qu'elle contient et qui appartiennent spécialement aux Pachydermes, aux Édentés et aux Rongeurs ; la couleur, la forme et la texture de ces lits avaient fait croire qu'ils correspondaient aux couches tertiaires supérieures de Santa-Cruz ; mais le professeur Ehrenberg a trouvé que les organismes microscropiques que ces couches contiennent sont tous différents et appartiennent à des eaux douces et à des eaux saumâtres. Ainsi, la plaine de 70 ou 100 mètres du port Gallegos est d'un âge inconnu, mais probablement postérieur à celui de la grande formation tertiaire patagonienne.

Il est bien évident, par les nombreux détails que nous avons donné sur le havre Pecket, que toute la partie orientale du détroit, aussi bien que la partie correspondante de la Terre-de-Feu, appartient à cette même formation tertiaire patagonienne. A la baie Saint-Polycarpe, au sud-est de la Terre-de-Feu, on retrouve les mêmes dépôts arénacés que ceux que nous avons décrits dans le détroit de Magellan. Ces formations tertiaires s'étendent donc jusqu'à l'extrémité méridionale de l'Amérique.

Si nous comparons les coquilles fossiles recueillies dans les divers points que nous avons examinés, nous trouvons un certain nombre d'espèces communes aux localités les plus voisines, et avec elles un certain nombre d'espèces différentes. Ces localités étant à des latitudes diverses, ces résultats n'ont rien que de normal et doivent faire admettre que les formations auxquelles ces coquilles appartiennent sont toutes contemporaines. Les fossiles ne sont point assez nombreux pour qu'on puisse, en les comparant à ceux des terrains tertiaires de l'Europe, déterminer relativement l'âge des terrains tertiaires de l'Amérique méridionale. Les trente-six espèces trouvées par M. d'Orbigny et par M. Darwin sont toutes éteintes ou au moins inconnues.

Toutefois, comme personne que je sache, n'a dragué sur ces côtes pour y recueillir des coquilles, il n'est pas impossible qu'on en puisse découvrir. Quelques-unes de ces coquilles ont des rapports très-étroits avec les espèces vivantes; d'après MM. d'Or-

bigny et Sowerby, c'est le cas pour le *Fusus patagonicus*, et suivant M. Sowerby seulement, pour la *Pyrula*, la *Venus meridionalis*, la *Crepidula gregoria*, et les *Turritela ambulacrum*, et *T. Patagonica*. Trois genres sont éteints ou ne se retrouvent plus dans cette partie du monde.

Ces couches limoneuses blanches, formées par les détritus volcaniques, appartiennent à la même époque que les couches fossilifères, puisqu'elles contiennent les mêmes fossiles. L'examen microscopique des infusoires trouvés dans ces roches, fait par le professeur Ehrenberg, a montré que les dépôts de Saint-Julien, du port Désiré, de la baie de Coy, du golfe Saint-Georges et de San-Joseph appartiennent à la même époque ; ils sont évidemment d'origine volcanique et ont été formés par la longue attrition de grandes quantités de ponces, et, sans doute aussi, par l'adjonction d'une immense quantité de cendres volcaniques qui ont été déposées au pied des Cordillères en couches de couleurs variables. Nous devons en conclure que les bouches volcaniques des Cordillères, qui sont éteintes aujourd'hui, ont été en activité à l'époque des terrains tertiaires et pendant un temps considérable. Nous en avons la preuve et dans la quantité de cendres vomies et dans la présence de ces immenses coulées de laves répandues dans la Patagonie.

Nous avons étudié, avec le plus grand soin, les dépôts tertiaires du sud-est de l'Amérique ; nous avons donné leurs caractères généraux, et les détails

les plus importants sur ceux de la partie méridionale de la Patagonie ; et nous avons observé que ces couches ne contiennent qu'un petit nombre de mollusques dont on rencontre çà et là les débris ; il nous reste à faire remarquer qu'on peut expliquer par l'élévation graduelle du sol l'absence des dépôts coquilliers d'une grande étendue sur l'une et l'autre côte, bien que les couches soulevées aient été éminemment propres à la formation de ces dépôts ; bien que ces anciens rivages aient dû être habités par de nombreuses peuplades de mollusques qui vivent à ces profondeurs et même à des profondeurs plus considérables. En effet, lorsque le lit de la mer est stationnaire ou s'élève peu à peu, les circonstances sont beaucoup moins favorables à la formation des dépôts coquilliers que lorsque, la mer étant profonde, les couches détritiques sont d'une épaisseur, d'une étendue et d'une consistance suffisante pour résister, après leur soulèvement, aux causes ordinaires de dénudation.

Chaque dépôt sédimentaire est exposé à des actions destructives qui sont d'une puissance variable, suivant les circonstances, et auxquelles les formations résistent d'autant mieux qu'elles sont plus considérables, plus étendues et plus solides.

Voyons les circonstances dans lesquelles se trouveront les dépôts coquilliers qui se formeront lorsque la mer restera au même niveau. Il est évident que dans ce cas ces dépôts ne pourront être produits que sur une épaisseur en rapport avec la profondeur à

laquelle vivent les mollusques sur les côtes doucement inclinées ; et ils s'accumuleront en général sur une étendue assez considérable. Mais il est probable que lorsque ces sédiments seront soulevés, ils n'auront pas toujours une puissance suffisante pour résister longtemps à l'action destructive des agents physiques. Mais ces conditions de conservation seront bien moins grandes encore si ce sol se soulève d'une manière continue ; car les couches coquillières nouvellement formées seront, avant leur solidification, soumises à l'action des vagues, qui tend à désagréger et à disperser tous les matériaux qui sont exposés à leur action.

D'autre part, le fond en s'élevant change les conditions d'existence des coquilles, et nous trouvons alors dans chaque couche des fossiles appartenant à des régions différentes, et si cette élévation a été très-lente les couches ainsi formées présenteront les successions de fossiles que l'on trouve souvent dans les dépôts les plus riches en animaux marins.

Lorsqu'au contraire le sol s'affaisse, toutes les conditions se trouvent réunies pour que les accumulations de dépôts coquillers solent les plus considérables, les plus compactes, et les moins exposés aux actions destructives dont nous avons parlé.

Nous dirons plus loin quelques mots sur la température probable de l'Amérique du sud pendant les dépôts tertiaires.

Formation pampéenne.

Bien que nous n'ayons rencontré au détroit de Magellan et dans la localité que nous avons examinée dans l'Amérique méridionale aucun des dépôts si remarquables de l'argile pampéenne, nous ne croyons pas pouvoir nous dispenser de donner dans l'histoire des terrains de l'Amérique méridionale une analyse des travaux qui ont été faits sur cette importante formation, aussi intéressante par son étendue que par les discussions auxquelles a donné lieu la recherche des causes qui l'ont produite.

L'argile pampéenne se rencontre dans la province d'Entre-Rios, à Santa-Fé, dans les falaises élevées des rives du Parana jusqu'à Buenos-Ayres; elle est limitée, à l'est, par la mer, entre Buenos-Ayres et le Rio Colorado; à l'ouest les limites sont mal déterminées, mais ne paraissent pas dépasser une ligne qui serait tracée du lac Bitter, au point où le Rio Quinto et le Rio Secundo se perdent dans les Pampas. Il y a en outre quelques dépôts de cette argile dans la vallée du Rio Negro (Uruguay) et sur les roches granitiques du Banda Oriental.

Cette couche qui remplit le fond du bassin des Pampas et compose exclusivement toutes les Pampas proprement dites, occupe une immense surface arrondie vers le sud qui a environ 38° carrés d'étendue.

Les argiles pampéennes reposent immédiatement au nord, au sud et à l'ouest sur le tertiaire patagonien, à l'est, près des chaînes du Tandil et de la

Ventana; ainsi que celles du Banda Oriental elles s'appuient sur les roches granitiques. On trouve à sa surface des sables d'alluvion et des bancs de coquilles fossiles identiques à celles qui vivent actuellement, soit dans la mer, soit dans la Plata.

Cette formation se compose généralement d'une terre argileuse plus ou moins rougeâtre très-dure, renfermant des couches horizontales de concrétions marneuses et passant quelquefois à de véritables marnes. Ces roches ne contiennent aucune trace de carbonate de chaux; les concrétions marneuses que l'on rencontre dans ces couches argileuses en contiennent, au contraire, des quantités assez considérables; elles sont généralement irrégulières, stalactiformes, compactes, divisées par des veines d'argile ou de carbonate de chaux qui a pris une forme cristalline ou semi-cristalline; elles sont de couleur variable, blanches, brunes, grises, tachées souvent de dendrites de manganèse; elles exhalent une odeur alumineuse; plongées dans les acides, elles ne se dissolvent qu'en partie et laissent un résidu qui est en grande partie formé de sable.

Ces concrétions sont souvent réunies en strates irrégulières; elles sont formées généralement de marnes caverneuses dont quelques variétés se rapprochent du tuf calcaire. Ces roches marneuses sont appelées par les Américains *toska*, et nous appellerons, avec M. d'Orbigny, les roches argileuses *argiles pampéennes*.

M. Carpenter a examiné au microscope les concré-

tions calcaires que nous indiquions tout à l'heure, et a observé qu'elles étaient formées de détritus calcaires amorphes qui tendaient à prendre la texture cristalline, concrétions amorphes semblables à celles que l'on rencontre de nos jours dans les dépôts coquilliers modernes entre lesquelles on trouve de petites veines de calcaire cristallin qui séparent des masses amorphes en apparence, et dans lesquelles on peut reconnaître facilement des traces de coquilles ou de polypiers. Ce phénomène se présente très-fréquemment dans les dépôts formés par les polypiers des mers indiennes. M. Darwin a pensé que ces concrétions calcaires peuvent avoir pour origine des coquilles brisées qui se seraient ainsi métamorphosées en matière calcaire amorphe. Cette opinion me paraît rendre compte d'une manière satisfaisante de la présence de ces concrétions.

La plaine pampéenne sur laquelle Buenos-Ayres est bâtie a environ 10 à 15 mètres de hauteur; on trouve à sa surface un nombre assez considérable de coquilles modernes vivant dans la mer ou dans des eaux saumâtres jusqu'à trois ou quatre lieues de la Plata. On trouve dans les couches de ce dépôt des débris d'*Azara labiata* et de *Venus sinuosa*, circonstance qui montre que la formation pampéenne continuait à se déposer dans les temps où ces coquilles existaient encore.

De Buenos-Ayres au Rio Colorado, M. Darwin n'a rencontré, à l'exception de quelques montagnes de roches métamorphiques, sur une étendue de 400

milles géographiques, que des formations appartenant à l'argile pampéenne. Dans toute son épaisseur elle est formée d'une boue argileuse rougeâtre, sans concrétions. Il y a plusieurs lacs dans le pays, et sur les bords de l'un d'eux, le Guardia, M. Darwin a rencontré, au milieu de concrétions calcaires stalactiformes, une cuirasse de *Clyptodon* et quelques fragments d'os. Sur les bords du Rio Salado, il a trouvé des os de *Megatherium* et des débris de squelettes d'un grand nombre de mammifères d'espèces éteintes; il existe dans ces couches des masses de gypse cristallisé très-considérables. A trente milles au sud du Rio Colorado, la sierra de Tapalguen est entourée de toska qui s'élèvent un peu au-dessus des plaines; il en est de même autour de la Sierra Guitrugueyu; le pays est marécageux, et les roches marneuses ne se présentent qu'à rares intervalles. Entre ces deux sierra on rencontre, à leur pied, des détritus de roches métamorphiques dans lesquelles on a recueilli des coquilles terrestres. Le point le plus élevé de la sierra Ventana a 1,112 mètres au-dessus du niveau de la mer, et les plaines environnantes ont environ 230 mètres. Entre ces montagnes et à leur pied on rencontre constamment la même formation calcaréo-marneuse de *toska*, reposant sur des argiles pampéennes et paraissant s'être déposée comme sur des bas-fonds formés par des îles de roches métamorphiques.

A Hermoso, près de Bahia-Blanca, on a trouvé une coupe très-remarquable de 32 mètres de hau-

teur, qui présente quatre couches distinctes paraissant horizontales au premier abord, mais s'inclinant au nord-ouest. La première couche est formée de sables fins mêlés à des graviers de quartz; la seconde, qui a 16 centimètres d'épaisseur, est formée de grès coloré de brun; le troisième lit est formé d'argile pampéenne de couleur pâle; le quatrième est de la même nature, mais est plus coloré, plus compacte, et contient à sa partie inférieure des masses concrétionnées et des roches calcaréo-marneuses. Ces roches contiennent des infusoires qui appartiennent aux eaux saumâtres. Dans ces derniers lits, et spécialement dans la couche inférieure, on a découvert des os de mammifères éteints empâtés dans ces roches marneuses et situés dans leur position relative, les autres débris sont très-communs dans toute cette couche. On y a trouvé des têtes de *Ctenomys antiquus* mêlées à des têtes du *Ctenomys brasiliensis* qui existe encore aujourd'hui, des fragments d'os d'un rongeur; une dent molaire et des os d'un autre grand rongeur. On y a rencontré un grand nombre de vertèbres, des côtes et d'autres os de deux rongeurs, et six os des pattes d'un grand *Megatherium*. Cette grande quantité de débris de rongeurs donne à cette collection un caractère particulier, comparativement à ceux qu'on a trouvés dans d'autres points. Plusieurs d'entre eux sont tachés de rouge et ont leurs surfaces polies. Quelques-uns, et surtout les petits, sont noirs comme du jais.

Le mont Hermoso est situé entre 50 et 60 milles au sud-est du Ventana, et est entouré de toute part par les couches inclinées de la formation pampéenne; M. Darwin croit que, pendant l'époque pampéenne, toute la surface a commencé à s'élever lentement (comme on en trouve la preuve sur la pente des montagnes, à diverses hauteurs, en reconnaissant les traces d'anciens rivages), et que des lambeaux de terres ont été ainsi formés par les dépôts pampéens, autour du Ventana et des autres montagnes de terrains anciens, sur lesquels vivaient plusieurs rongeurs et d'autres quadrupèdes, qu'un courant aurait entraînés dans les mers adjacentes, dans lesquelles se formait le dépôt pampéen par les détritus qui venaient du Nord. La terre continuant à s'élever, ces matériaux ne sont plus parvenus jusque-là, et à leur place ont été déposées des quantités considérables de sable, de cailloux roulés, entraînés par des courants plus violents, et qui ont été ensuite répandus uniformément sur la côte par l'action des lames.

Nous donnerons encore quelques détails sur une localité très-importante, dans laquelle nous trouverons réunis tous les caractères remarquables de ce dépôt.

Punta-Alta est situé à 30 milles au nord de Bahia-Blanca. On trouve là une petite plaine de 10 à 13 mètres de hauteur, qui se termine à la mer par des escarpements sur une étendue d'un mille; la couche inférieure, plus étendue que la supérieure, est formée par des graviers ou des conglomérats ci-

mentés par une matière calcaire arénacée et divisés par des couches régulières de marnes de diverses teintes, sur lesquelles on trouve des couches qui ressemblent aux roches que nous avons appelées toska, et d'autres qui contiennent une quantité plus considérable de sable. Ces lits présentent des ondulations dues à l'action des courants et des sillons qui ont une profondeur et des directions variables; ils renferment une quantité extraordinaire d'os de mammifères gigantesques et un bon nombre de coquilles. Les cailloux roulés sont d'un volume considérable, et sont tous formés de grès compactes et de quartzites semblables à ceux du Ventana. On y trouve aussi quelques masses arrondies de toska.

Le second lit a environ 5 mètres d'épaisseur, mais à ses extrémités, il devient de plus en plus mince et se perd insensiblement dans une couche de gravier. Il est formé d'une argile rougeâtre, et contient peu de coquilles et de cailloux roulés, et à cette différence près, il ressemble parfaitement à l'argile pampéenne, et plus encore à ces dépôts argileux qui séparent les lignes parallèles des dunes de sable.

La couche supérieure est formée de graviers comme la couche inférieure, et présente tantôt des masses confuses, tantôt des couches stratifiées. On trouve dans ce lit plus de coquilles que dans la couche inférieure, mais les os de grands quadrupèdes y sont moins nombreux. De grandes volutes, trouvées dans ce dépôt, contenaient de l'argile ou des limons rouges, dans lesquels on trouvait empâtées un grand nombre

de coquilles récentes de la *Paludestrina australis.* Ces couches étaient enfin recouvertes d'un manteau de terre sablonneuse irrégulièrement stratifiée, et dans lequel on trouve des cailloux de quartz, de ponce, de phonolite et des coquilles terrestres et marines.

M. d'Orbigny a déterminé vingt espèces de mollusques recueillies par M. Darwin dans les deux couches de gravier. Ce sont :

Voluta angulata,	d'Orb. (Voyage).
Voluta Brasiliana,	Sol.
Olicancillaria Brasiliensis,	d'Orb.
Olicancillaria auricularia,	id.
Olivina Puelchana,	id.
Buccinanops cochlidium,	id.
Buccinanops globulosum,	id.
Columbella sertulariarum,	id.
Trochus Patagonicus,	id.
Fissurella Patagonica,	id.
Cupidula muricata,	Lam.
Venus purpurata,	id.
Venus rostrata,	Philippi.
Mytilus Darwinanus,	d'Orb.
Nucula semiornata,	id.
Cardita Patagonica,	id.
Corbula,	id.
Pecten tithuelchus,	id.
Ostrea puelchana,	id.

Une espèce vivante de *Balanus.*

Une *Astrée* et une *Flustra* qui paraissent identiques avec celles qui vivent actuellement dans la baie.

Toutes ces coquilles vivent actuellement sur la côte, et la plupart d'entre elles dans la baie elle-même. Ce qui est extrêmement remarquable, c'est que le nombre relatif des individus des diverses espèces qui vivent sur la côte est proportionnellement le même dans les couches qui ont été examinées. Ce sont des deux parts les volutes, les crépidules, les vénus et les trochus qui sont les plus abondants. Quelques-unes de ces coquilles ont été recueillies sur les plages relevées des pampas de Buenos-Ayres : toutes paraissent très-anciennes et sont les unes percées, les autres incrustées de cristaux de carbonate de chaux, ou ont déjà subi des modifications dans leur structure. M. le professeur Owen, qui a examiné les fossiles de ces deux lits de graviers, y a trouvé :

Megatherium Cuvieri (une tête).
Megalonix Jeffersonii (une mâchoire inférieure).
Milodon Darwinii (une mâchoire infér.)
Scelidotherium leptocephalum (un squelette presque entier et plusieurs parties de squelette dans leur position relative).
Toxodon Platensis (des fragments et des dents).
Equus curvidens (une dent).

Enfin, des dents de Palæotherium et de divers autres pachydermes qui n'ont pu être déterminées.

Outre ces restes organiques, assez bien conservés, il y avait une grande quantité d'os isolés. Le plus grand nombre de ces débris était empâté dans un espace de 180 à 200 mètres carrés. La prédominance des quadrupèdes édentés dans ces débris est aussi remarquable que l'absence des rongeurs, et présente des contrastes curieux avec les animaux fossiles du mont Hermoso. Plusieurs de ces os sont très-fragiles et ne donnent aucune odeur animale lorsqu'on les soumet à une grande chaleur. Cet état peut avoir été produit par une longue exposition à l'air ou à leur séjour dans les eaux. Des serpules et des petits coraux se sont attachés sur ces os; M. Darwin n'a pas examiné s'ils ne s'étaient pas développés depuis qu'ils sont exposés aux marées, sur la côte où on les a trouvés. Pour le *Scelidotherium*, M. Darwin pense que ces serpules se sont développées à la surface du squelette peu de temps après son enfouissement et avant qu'il ait été entièrement couvert par le gravier.

Plusieurs de ces os avaient donc été brisés et roulés avant d'avoir été enfouis; quelques-uns de ceux qui sont renfermés dans les conglomérats les plus grossiers ont conservé cependant les saillies les plus délicates, ce qui fait penser qu'elles ont été préservées par la peau, les muscles ou des ligaments; pour le scelidotherium, il est presque certain que tout le squelette avait ses ligaments lorsqu'il a été déposé dans le gravier dans lequel on l'a trouvé. Une armure de Dasype avait certainement été enfouie avec quelques-uns des os du pied.

Le professeur Ehremberg, qui a examiné les infusoires de ces couches, a reconnu que la plupart de ces espèces étaient marines, et que les autres appartenaient aux eaux douces; un seul de ces infusoires était identique avec un des neuf qui ont été déterminés dans les dépôts du mont Hermoso ; cinq sont identiques avec ceux des dépôts pampéens des rives du Parana.

M. Darwin conclut du fait que nous avons indiqué et d'un grand nombre que nous n'avons point reproduits, que les lits de graviers et de limon rouge qui alternent entre eux ont été déposés à une époque à laquelle existaient déjà les mollusques vivants actuellement sur ces côtes, puisqu'on les rencontre dans ces dépôts, et que leurs espèces s'y présentent dans les mêmes proportions que sur les rivages actuels. Ces lits ont été déposés dans des eaux peu profondes, sans que ce puisse être cependant un rivage, car la disposition ondulée et sillonnée des couches, la manière dont les sillons des couches inférieures sont remplis par les couches supérieures, indiquent l'action de courants puissants qui auraient changé de direction, soit par des causes peu importantes, soit plutôt par l'élévation du sol. C'est par l'élévation de ces lits, élévation contemporaine à la couche supérieure des graviers ponceux et des coquilles de mer et d'eau douce qui les recouvrent, qu'a été formée la plaine de Punta-Alta, qui a trente pieds de hauteur. Dans le voisinage de cette localité, on trouve des plaines semblables plus ou moins élevées, terminées par des lignes d'escarpe-

ment, appartenant à la formation pampéenne qui ont été dénudées et sillonnées par l'action des vagues à des niveaux différents. Dès lors nous ne devons point nous étonner de voir des masses de roches calcaires marneuses dans les dépôts inférieurs.

Il est possible que de ces escarpements battus par la mer, il se soit détaché quelques ossements fossiles qui auront été entraînés et roulés dans les dépôts inférieurs. M. d'Orbigny pense que les dépôts fossilifères qui se composent, ainsi que nous venons de le voir, de squelettes et d'os épars de mammifères d'espèces toutes éteintes, à l'exception de l'Equus curvidens avec des coquilles modernes, ont pu se former ainsi ; à cette objection, M. Darwin répond, que bien que ces dépôts paraissent en dehors des phénomènes ordinaires, on a observé quelques cas analogues en Europe et dans l'Amérique du Nord ; que du reste les coquilles qui se trouvent mélangées avec ces fossiles paraissent au moins aussi anciennes et sont beaucoup plus altérées que les ossements; que du reste ils n'auraient pu être détachés des falaises et transportés par l'action des eaux sans que leurs apophyses eussent été brisées ou tout au moins usées; qu'on ne peut admettre que le squelette du scelidoterium ait été transporté tout entier avec la gangue qui l'entourait, d'un dépôt pampéen dans un autre dépôt qui a exactement les mêmes caractères et la même nature minéralogique; qu'il est impossible que la carapace d'un Dasype, qui a au moins 1 mètre de long et 0,70 cent. de large, et qui est si fragile,

qu'il a été impossible de le retirer de la gangue qui le contenait, sans le briser en morceaux de 6 à 8 centimètres carrés, quelques soins qu'on ait pris, n'ait pas été réduit en poussière par l'action des eaux qui l'aurait détaché des couches dans lesquelles il était enchâssé pour le transporter dans des lits de cailloux roulés. M. Darwin croit devoir conclure que ces fossiles ont été déposés primitivement dans les lieux où nous les voyons aujourd'hui, mais que les couches du Punta-Alta sont postérieures aux couches fossilifères du mont Hermoso qui sont plus élevées et dont on retrouve quelques débris dans les terrains détritiques fossilifères des côtes actuelles.

On a proposé trois théories pour expliquer l'origine de cette immense formation qui recouvre un espace deux à trois fois aussi vaste que la France. La première est celle de M. d'Orbigny qui l'attribue à une immense débâcle ; il se fonde sur la non-stratification de ces dépôts, sur leur immense étendue, sur leur présence à des hauteurs considérables ; il identifie avec ces dépôts pampéens les couches fossilifères des provinces de Chiquitos, de Moxos ; celles des petits bassins de Cochabamba à 2575 mètres, et du plateau bolivien à 4000 mètres. Ces dépôts ne contiennent que des ossements de mammifères sans coquilles fossiles, et sont renfermés dans des masses argileuses ou limoneuses de couleur variable, souvent rougeâtres. M. Clausen a assimilé aussi à ces dépôts des pampas la couche inférieure des cavernes

à ossements de Tanga et de Santa Ellena; dans la Colombie, à Quito, dans lesquelles on a trouvé des mastodon et l'Equus neogæus.

Suivant M. d'Orbigny, après la formation des terrains tertiaires, sur les deux versants d'une première chaîne des Andes, un dernier mouvement bien plus considérable que les autres aurait donné simultanément à la Cordillère son grand relief d'aujourd'hui, exhaussé les terrains tertiaires des deux versants, amené la destruction complète de la faune terrestre antérieure à notre époque, et la formation des grands dépôts à ossements du terrain pampéen.

Toutes ces catastrophes peuvent, selon lui, s'expliquer par une seule et même cause. D'immenses affaissements ayant eu lieu au sein du grand Océan à l'ouest du premier relief du système chilien, la Cordillère s'ouvre de nouveau; poussées avec plus de violence que jamais vers cette vaste issue, les matières trachytiques incandescentes débordent de toute part, disloquent les porphyres, les roches crétacées et envahissent entièrement le sommet de la chaîne; elles forment sur le sommet de la crête du système chilien ces immenses épanchements que l'on y remarque dans la direction du nord 5° est au sud 5° ouest de l'équateur au 5° degré, et du 20° au 50° degré de latitude sud; elles y forment encore ceux qui, dans l'intervalle du 5° au 20° degré, longent à l'ouest le système bolivien, en offrant avec le reste une continuité de faits et de causes.

Une dislocation de 1250 lieues de longueur (50°),

qui a produit une des plus hautes chaînes du monde en élevant au-dessus des eaux tous les terrains tertiaires marins des pampas, sur une immense longueur à l'ouest et à l'est de la Cordillère, n'a pu avoir lieu sans avoir déterminé des oscillations considérables des eaux qui ont envahi les continents, anéanti et entraîné les grands animaux terrestres, tels que les *Mylodon*, les *Megalonyx*, les *Megatherium*, les *Platyonyx*, les *Toxodon* et les *Mastodon* de la faune perdue et les ont déposés à toutes les hauteurs, avec des détritus alluviens dans les vallées ou dans les mers voisines.

Ces matières, simultanément entraînées, en nivelant les plateaux des Cordillères jusqu'à 4,000 mètres au-dessus des océans, les plaines de Moxos, de Chiquitos et tout le fond du grand bassin des pampas, ont constitué le terrain pampéen.

Les animaux qui n'ont pas été entraînés par les eaux, poussés dans les cavernes ou jetés dans les fentes des rochers, sont restés engloutis dans leur terre natale au milieu des anfractuosités des anciens systèmes brésilien, itaculumien et chiquetien du continent oriental.

Nous le voyons, la théorie de M. d'Orbigny repose essentiellement sur la non-stratification des formations pampéennes et l'action violente qui a produit leur dépôt. Nous avons vu dans les détails que nous avons donnés précédemment que si ces dépôts, comme la plupart des dépôts argileux, ne sont pas toujours nettement stratifiés, du moins dans un grand nom-

bre de localités ils se présentent en couches distinctes, stratifiées et séparées par leur position, leur nature, leur composition. Les concrétions calcaires sont elles-mêmes arrangées en couches horizontales, quelquefois en strates irrégulières. Assurément il n'en serait point ainsi si ces dépôts avaient été le résultat d'une débâcle tumultueuse; tout semble indiquer que ces dépôts ont été, au contraire, formés successivement et paisiblement sous les eaux de la mer ou dans des estuaires. Dans la théorie d'une débâcle, il faut admettre qu'une immense quantité de limon, sans un seul caillou roulé, s'est répandue sur toute l'étendue des pampas alors sous l'eau, pendant que la Patagonie se serait recouverte, sur un immense espace, d'une couche de graviers sans aucune trace de cette argile. Aux environs des Rio Negro et Colorado les graviers, les limons les plus ténus ont été transportés à une distance égale des Cordillères que l'on considère comme le point de départ du mouvement pertubateur.

Des effets directement opposés ne peuvent être attribués à la même cause. On ne comprend pas comment une débâcle aussi immense aurait pu transporter là seulement des argiles limoneuses sans traces de coquilles terrestres; là, des graviers mélangés de coquilles marines; ici des accumulations considérables de squelettes bien conservés; autre part des coquilles d'eau douce ou saumâtres; dans d'autres points des coquilles marines seulement. La nature des sédiments, leur disposition, les fossiles eux-

mêmes indiquent évidemment que ces dépôts se sont formés sous les eaux pendant un temps très-long.

Nous comprenons du reste comment M. d'Orbigny a été entraîné vers cette théorie ; il a peut-être assimilé d'une manière trop complète les dépôts pampéens aux dépôts des cavernes. Cette formation pampéenne étant d'une époque très-récente, on comprend parfaitement qu'à l'époque où les courants des fleuves ou des modifications dans le relief du sol entraînaient par des dénudations partielles un certain nombre d'animaux dans les estuaires, des animaux des mêmes espèces aient été enfouis dans les cavernes ; que leurs os aient été entraînés dans les dislocations du sol , sans que l'on soit dans l'obligation d'attribuer ces diverses couches fossilifères au même phénomène, car des phénomènes essentiellement différents peuvent, dans une même époque, former des couches fossilifères renfermant les mêmes mammifères.

Sir W. Paris a essayé d'expliquer l'origine des argiles pampéennes en admettant que ces dépôts ont été formés dans des plaines basses et marécageuses inondées par les rivières de cette contrée avant qu'elles eussent leur cours actuel. L'apparence et la composition de ce dépôt, sa disposition à diverses hauteurs autour des montagnes des terrains anciens, la présence de couches d'origine évidemment marines, de coquilles marines et d'eaux saumâtres à la surface, les couches de grès interposées, sont autant d'objections à cette théorie. On n'y a pas trouvé non plus

de squelettes de mammifères debout, ce qui aurait dû se présenter, si ces animaux avaient été enfouis dans la vase.

D'après M. Darwin, les formations pampéennes se seraient accumulées à l'embouchure du premier estuaire de la Plata et dans les mers voisines. Cette opinion est fondée sur les caractères du dépôt et sur les dispositions géographiques des lieux. Les nombreuses coquilles d'*Azara labiata*, répandues sur cette surface, et qui sont empâtées dans les toska, roches calcaréo-marneuses, près de Buénos-Ayres, nous montrent que non-seulement les couches superficielles de ces plaines ont été recouvertes par des eaux saumâtres, mais que les couches superficielles ont été déposées dans les eaux saumâtres de l'ancienne Plata. Au sud de Buénos-Ayres et près des côtes, la présence de véritables coquilles marines montre que ces plaines ont été soulevées du sein de la mer.

Ehremberg a reconnu que les infusoires des couches dans lesquelles on a trouvé les Mastodontes du Parana, avaient vécu dans des eaux saumâtres. Le docteur Carpenter a montré que ces couches contenaient une quantité de débris de coquilles marines, de coraux, de polythalames, qui avaient été transportés par les marées ou courants venant du large. L'absence de coquilles fossiles dans les parties internes de ce dépôt, excepté les couches supérieures des pampas de Buénos-Ayres, pourrait-elle s'expliquer par la nature vaseuse, par la profondeur

du fond ou par la présence d'eaux saumâtres? C'est une question difficile à résoudre, et qui est une objection aux débâcles aussi bien qu'aux courants; car les débâcles entraînent l'homme et les dépôts superficiels qui contiennent au moins des coquilles terrestres; et on n'en a trouvé aucune trace. La réunion des squelettes des grands animaux dans quelques localités spéciales suffirait pour faire admettre qu'ils ont été déposés dans des estuaires. C'est la seule explication satisfaisante qu'on en puisse donner.

Ces couches d'argile et de limon sont très-vraisemblablement dues à la décomposition des roches gneissiques et granitiques du Brésil, qui se réduisent, en effet, en détritus argileux très-considérables. Dans les pampas, la présence de grains de quartz et les petits fragments de cailloux roulés montrent que les montagnes voisines ont fourni aussi leur part de sédiments. Il est probable que les limons entraînés par les fleuves ont été transportés, pendant la période pampéenne, vers le sud; les montagnes primaires de l'est et de l'ouest au sud de la Plata n'étaient point encore aussi élevées que le sont aujourd'hui les formations limoneuses de la Plata; ces limons se sont déposés jusqu'au sud du Rio Colorado. La quantité considérable de carbonate de chaux que présentent les roches calcaréo-marneuses (toska) peut provenir, ainsi que nous l'avons indiqué, de la destruction et de la trituration des coquilles modernes.

La formation pampéenne des provinces du Banda

Oriental, d'Entre-Rios et de toute l'étendue des pampas jusqu'au Rio Colorado appartient à la même époque géologique. Partout ces dépôts présenteut une composition semblable, les mêmes fossiles ou des fossiles de genres semblables et équivalents; on les rencontre à toutes les profondeurs, depuis la surface jusqu'au fond, et ces dépôts ne paraissent pas avoir subi de dénudations. Quelques grands mammifères ont été trouvés, dans plusieurs localités, dans des couches très-superficielles. Quant à l'âge de ces dépôts, la présence de l'*Azara labiata*, d'un grand nombre de coquilles qui vivent encore, la découverte dans les pampas à Buénos-Ayres, à Punta-Alta, du *Macrauchenia Patagonica* qui a vécu sur les plaines de la Patagonie à l'époque où les mers voisines étaient habitées par les mêmes mollusques qu'on rencontre aujourd'hui, montrent que cette formation est extrêmement récente, et précède immédiatement l'époque actuelle.

Dépôt erratique.

Sur cette formation tertiaire patagonienne, nous trouvons un dépôt erratique d'une puissance considérable, et dont nous avons déjà parlé au chapitre havre Pecket. Nous y reviendrons ici d'une manière plus complète et plus générale, car ce dépôt, qui atteint dans cette partie du détroit sa plus grande puissance, se retrouve sur toutes les côtes des terres magellaniques avec cette différence toutefois que les blocs de granite et de roches ignées, provenant toutes de

l'ouest, ce n'est point à la présence de ces blocs que l'on pourra reconnaître dans l'ouest ce dépôt, mais bien à leur disposition sur les collines, à leur volume, à l'état de fraîcheur que présentent leurs angles et de leurs arêtes, aux stries que ces roches peuvent offrir. Les couches du terrain erratique consistent essentiellement en dépôts arénacés, disposés en couches minces horizontales, rarement inclinées, alternant quelquefois avec des couches ondulés de gravier. A l'est, sur les terrains tertiaires, cette formation erratique se présente en lits non stratifiés d'une consistance terreuse, de couleur sombre, semblable à de la boue, au milieu de laquelle on trouve une quantité considérable de fragments de roches anguleux ou arrondis appartenant à diverses espèces et déposés sans ordre, soit sous le rapport de la nature des roches, soit sous celui de leur volume relatif.

Ce dépôt a été examiné avec soin par M. Darwin à l'île Élisabeth, où il a trouvé des coupes très-propres à bien faire saisir les caractères de cette formation; elle est composée d'une espèce de terre blanchâtre dans laquelle on trouve une grande quantité de fragments de syénite, de diorite, de roches feldspatiques, hornblendiques, des fragments de schistes argileux, d'un volume peu considérable, ne dépassant pas en général 50 à 60 centimètres cubes.

Les parties inférieures présentent rarement une disposition stratifiée; cette disposition ne devient évidente que dans les parties supérieures. On a trouvé

dans ces dépôts une quantité remarquable de rognons de silex; on en trouve qui atteignent 1 mètre de diamètre. Ce dépôt, de couleur blanchâtre, paraît avoir comblé toutes les inégalités du sol, et s'est évidemment formé sous les eaux.

A Nuestra-Señora-de-Gracia, M. Darwin a observé des fragments enveloppés d'une couche finement arénacée que l'on peut rapporter à la boue glaciérique, bien connue dans les dépôts erratiques des Alpes.

Vers le cap des Vierges, placé à l'entrée du détroit, les falaises ont 70 à 85 mètres de hauteur, et consistent en grès argileux divisé en lames horizontales aussi fines que celles de l'ardoise à couvrir, et qui dans deux ou trois points alternent avec des lits de matières grossières bien déterminées, chaque strate a de 1 à 6 mètres d'épaisseur; les fragments de roches, disséminés dans la masse, appartiennent aux mêmes espèces que celles que nous avons antérieurement signalées, et les montagnes d'où ces roches proviennent ne sont pas à moins de 40 lieues géographiques à l'ouest et au sud-ouest.

Nous avons déjà dit que les cartes dressées par les premiers navigateurs indiquaient un bras de mer dans la dépression indiquée par la baie Useles et la baie Sébastien. Ce canal est jonché de blocs erratiques qui y ont été déposés antérieurement au dernier soulèvement de cette côte, soulèvement attesté par un dépôt de coquilles marines modernes qui ont encore conservé en partie leurs couleurs. Il

existait un canal semblable entre le bassin d'Otway-Water et le havre Pecket. Ce bas-fond est couvert de blocs erratiques et bordé par des roches de dépôts non stratifiés.

Tous les bas-fonds situés dans la même direction présentent d'énormes fragments anguleux s'élevant de 1 à 3 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Des couches non stratifiées de boue et de terre blanchâtre, contenant quelques blocs erratiques d'un volume important et une multitude de fragments tant arrondis qu'anguleux, se rencontrent, presque partout, dans le voisinage du détroit de Magellan, et doivent se rapporter pour leur origine à l'existence d'un ancien canal qui avait à peu près la même direction que celui qui existe aujourd'hui. On trouve aussi de grands blocs erratiques dans le lit d'un ancien canal qui s'étendait parallèlement au détroit de Magellan, d'Obstruction-Sund à la baie Saint-Sébastien, en formant ainsi un canal plus régulier que le détroit de Magellan. Il est probable qu'à cette époque, le golfe de Xaultegua communiquait avec le bassin d'Otway-Water : on aurait pu alors traverser le détroit, du cap Pilares au détroit de Xaultegua, traverser Otway-Water, les bas-fonds du havre Pecket, et parvenir au cap des Vierges en traversant les Goulets.

Sur l'île Navarin et sur plusieurs autres petites îles les rivages sont bordés à une hauteur semblable par un dépôt ressemblant exactement aux couches non stratifiées du détroit de Magellan. Au sud de l'île

Navarin M. Darwin signale l'existence d'une petite plaine (la seule terre nivelée que présente cette île), terminée par une ligne de falaises de plusieurs milles de longueur et de 60 pieds de haut. Dans ces roches il n'y a aucune trace de stratification, et la masse terreuse ou plutôt argileuse contient des fragments de toute dimension, les uns argileux, les autres arrondis, appartenant tous, sans exception, aux mêmes roches que celles dont nous avons trouvé les débris dans le terrain erratique du détroit de Magellan. On ne trouve aucune de ces roches en place à une distance moindre que 60 milles et quelques-unes ne se retrouveraient qu'à des distances beaucoup plus considérables.

A l'entrée est du détroit du Beagle, cette même couche qui forme la côte est plus élevée et présente quelques traces de stratification. La masse est séparée par quelques lits de boue et de gravier; disposition que M. Darwin a comparée à celle qui serait produite par une vaste débâcle qui serait subitement arrêtée dans sa course.

Ces dépôts erratiques ressemblent à ceux du nord de l'Europe, de la côte est d'Angleterre, de l'Écosse; ils présentent les caractères généraux qui leur sont propres. Formés souvent par une masse compacte sans aucune trace de stratification, quelquefois, au contraire, cette même masse présente des stratifications parfaitement déterminées, soit dans toute son épaisseur, soit dans certaines parties seulement. Un second caractère commun à tous ces dépôts, c'est le

mélange irrégulier et confus de fragments de roches de toute dimension, de toute forme, soit arrondis, soit anguleux. M. Lyell, qui a eu de fréquentes occasions d'examiner ces formations, pense qu'elle sont dues à des dépôts de boue, de sable, de graviers, de blocs, abandonnés dans une mer tranquille par des débâcles de glace fondante.

Tels sont les caractères que nous ont présentés les dépôts erratiques situés dans l'est sur les côtes du détroit de Magellan; ils présentent çà et là des masses compactes sans stratification, et à une petite distance, au contraire, des couches bien déterminées.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, nous n'avons point trouvé de débris organiques dans ces dépôts erratiques, et ce caractère leur est commun avec les mêmes formations en Europe où on n'a trouvé de fossiles que dans les couches les plus superficielles et les plus modernes. Cette absence de fossiles ne saurait être rapportée à la stérilité des côtes, car dans toutes les parties du détroit sur les bas-fonds desquels il se dépose sans doute, quelques blocs erratiques, on rencontre au milieu des touffes de *Fucus magellanicus* un certain nombre de mollusques.

A l'époque où se sont formés ces dépôts si puissants, les innombrables glaces flottantes qui transportaient ces débris soulevés et ballottés par les vagues ont battu et déchiré longtemps les fonds sur lesquels ils allaient échouer et se briser. Il est possible que leur présence continue ou presque continue sur les rivages ait rendu impossible l'habitation des mol-

lusques. Nous avons vu, dans les détails que nous avons donnés sur les deux voyages de l'*Astrolabe* dans les mers antarctiques, combien les glaces agissent puissamment sur les bas-fonds sur lesquels elles viennent échouer ; tantôt elles viennent battre avec la vague contre la côte où elles se brisent, tantôt elles l'entourent de lignes de circonvallation qui la défendent et la mettent à l'abri, et au milieu de ces glaces la mer est calme, les eaux transparentes. Ainsi, sur une même côte, ici peuvent se produire des formations stratifiées; plus loin des formations sans aucune trace de stratification.

Lorsque les dépôts erratiques appartiennent à des moraines remaniées par les eaux, ou lorsqu'ils sont formés par les diverses moraines que les glaciers abandonnent en se retirant au sommet des montagnes, il est extrêmement facile de se rendre compte de l'absence de tout débris organique.

Mais si nous supposons que les dépôts erratiques du détroit de Magellan, semblables à ceux de l'Écosse, de l'Angleterre ou de la Russie, sont formés dans la mer ou sur les bas-fonds par les glaciers qui transportent une quantité considérable de débris de roche de toute nature qui proviennent, soit des glaciers proprement dits, soit du fond des rivières, soit des falaises des côtes, l'absence de tout reste organique peut être suffisamment expliquée par l'action des glaces flottantes sur les bas-fonds. Cette explication deviendrait plus satisfaisante si, comme nous essayerons de le démontrer plus loin, la for-

mation des dépôts erratiques avait lieu pendant l'élévation graduelle du sol ; car nous avons montré que dans ce cas les circonstances étaient aussi peu favorables que possible à la conservation des coquilles fossiles.

On aurait une idée bien incomplète de la formation erratique de l'Amérique méridionale, si nous ne donnions ici les observations remarquables qui ont été faites sur ce dépôt au nord du détroit de Magellan jusqu'à la rivière de Santa-Cruz, au delà de laquelle on ne le rencontre plus, et d'autre part, jusqu'au nord de l'île Chiloé, qui est la limite septentrionale de ce dépôt sur la côte ouest du continent.

Dans la Patagonie, le dépôt erratique s'élève jusque sur les rives de la Santa-Cruz, à 50° 10′ lat. sud. Mais, chose remarquable, on ne rencontre point ici ce dépôt sur la côte même, mais dans l'intérieur des terres, à 100 milles de l'Atlantique, et de là jusqu'aux pieds des Cordillères. Il est surtout très-puissant sous le méridien de 70°50′ ouest à 55 milles de ces montagnes. Les blocs qu'on rencontre dans ce dépôt appartiennent à diverses variétés de phyllade, de schistes quartzeux et de laves basaltiques ; ils sont généralement à arêtes vives, à cassure fraîche, et ont souvent un volume énorme.

Quelques fragments présentent cependant des traces d'usure ; ce sont surtout ceux d'un petit volume. Les plaines sur lesquelles repose cette formation sont à 470 mètres au-dessus de la mer ; leur surface présente des traces de dénudations qui paraissent avoir

eu lieu sur des couches désagrégées de roches volcaniques.

Les blocs erratiques se sont disposés sur d'immenses couches de gravier qui s'étendent du bord de la mer jusqu'aux pieds des Cordillères. Des falaises qui bordent l'Atlantique et qui ont 270 mètres de hauteur les plaines s'élèvent régulièrement jusqu'à la grande chaîne, en formant des plateaux de diverses hauteurs. Le dépôt de gravier est formé des mêmes roches que les blocs erratiques; et il y a des passages de la partie supérieure du dépôt inférieur au depôt superposé. Il est de la dernière évidence que le transport de ces divers matériaux s'est fait dans les eaux de la mer; seulement les moyens de transport ont été différents.

M. Darwin a fait une observation très-importante dans la vallée de la Véra-Cruz.

Cette vallée s'élargit en se rapprochant des Cordillères, et forme à son embouchure un estuaire dont le grand axe est perpendiculaire à la direction de la chaîne.

Cet estuaire, qui a 130 mètres au-dessus du niveau de la mer, a été évidemment occupé par les eaux pendant la période post-pliocène; car on trouve sur le sol des débris de coquilles vivantes, et les bords de l'estuaire présentent des traces non équivoques d'anciens rivages.

Autour de cet estuaire s'étend une vaste plaine qui est dominée par une plaine plus élevée qui a environ 270 mètres au-dessus de la mer, et qui est couverte

de graviers et de grands blocs erratiques. Dans cet estuaire et spécialement dans le lit de la rivière, à 30 ou 40 milles des Cordillères, on trouve des masses de granite, de syénite et de conglomérats qui sont entièrement différents des blocs qui se trouvent sur les plateaux supérieurs. Il n'y a pas un seul échantillon des blocs erratiques supérieurs dans cette vallée inférieure. Ces blocs ont donc été transportés postérieurement au dépôt des blocs et à la formation des escarpements des plaines supérieures, et à une époque où vivaient déjà les mollusques qui peuplent ces côtes.

Sur la côte est de l'Amérique méridionale, le dépôt erratique a une puissance et une étendue très-remarquables. Il paraît cependant que ces dépôts se rencontrent rarement sur la côte ouest, qui fait face à l'Océan, mais à la côte est, qui fait face à la Cordillère. L'île de Chiloé a été étudiée par M. Darwin avec le talent d'observation qui distingue cet habile géologue. Cette île s'étend parallèlement à la chaîne des Cordillères de la latitude 41° 46' à la latitude 43° 26', et elle est séparée de ces montagnes par un espace de 40 milles de largeur.

Le sol de cette terre est principalement formé de micaschistes et de formations volcaniques qui sont recouvertes, sur les côtes nord et est, de lits stratifiés de grès tertiaires et de conglomérats volcaniques; ces terres s'élèvent en plaines disposées les unes au-dessus des autres, et ces couches tertiaires sont recouvertes par des dépôts de graviers et une quantité considérable de blocs erratiques, surtout

sur la côte nord et est jusqu'à une hauteur de 70 mètres. Les petites îles que l'on rencontre à l'est de Chiloé sont recouvertes aussi par ces dépôts.

On n'a point trouvé de blocs erratiques ni sur la côte ouest de Chiloé ni dans un voyage de 30 milles dans les parties montagneuses de cette île. Sur la côte nord de Chiloé, les blocs erratiques appartiennent tous à diverses variétés de granite et de syénite; au sud-ouest, les blocs appartiennent tous au granite. Les montagnes dont ces roches ont été détachées sont situées dans le voisinage du détroit de Reloncavi, sous la même latitude. Ces blocs erratiques ont traversé un bras de mer de plus de 40 milles de largeur; car on ne connaît pas de roches granitiques en place dans l'île de Chiloé. Les montagnes élevées de l'ouest, qui ont environ 1,000 mètres de hauteur, pourraient seules être formées de granites; mais il est probable que tous ces blocs proviennent des Cordillères. Les grands blocs sont tous à angles aigus et à arêtes vives; les petits fragments sont souvent arrondis, effet qui a pu se produire postérieurement à leur dépôt.

Tous les petits îlots qui séparent Chiloé de la Cordillère et toute la côte sont ainsi recouverts d'un dépôt erratique compacte formé par cet amas de boue noirâtre que nous avons décrit dans la formation erratique du détroit; il est extrêmement probable, et par la forme du dépôt et par la disposition des blocs, que toute cette côte s'est trouvée sous les eaux en même temps que toutes ces petites îles, et que les blocs de glace qui se séparaient des glaciers

des Cordillères sont venus déposer sur ces bas-fonds les masses de roches qui s'étaient détachées des montagnes; n'oublions point que les Cordillères ont vis-à-vis Chiloé une hauteur de 2300 mètres à 2700 mètres.

La disposition des blocs erratiques à l'extrémité de la pointe nord de Chiloé présente un véritable intérêt; ce promontoire, qui a 80 mètres de hauteur, est réuni à la péninsule Lacuy par une langue de terre fort étroite. Ce promontoire paraît, par sa hauteur, par la disposition de ses couches, avoir fait partie autrefois de l'île dont il a probablement été séparé par l'action des eaux qui ont creusé le canal et ont déposé sur les deux versants de cet isthme de sable des lits de graviers stratifiés dans lesquels on rencontre des blocs erratiques très-nombreux jusqu'à une hauteur de 50 mètres.

Il est bien certain que ce promontoire formait autrefois une île, et l'isthme qui le réunit à Chiloé, était le fond d'un canal ouvert à l'action des marées entre Chiloé et le continent.

Nous trouvons ici encore un rapport remarquable entre le dépôt erratique et les lignes d'anciens rivages. On ne trouve pas non plus de débris fossiles dans ces formations; il est par conséquent difficile d'assigner leur âge; cependant, il est probable qu'elles ont été relevées à une époque très-récente, car sur la Péninsule de Lacuy, on trouve un dépôt très-riche en coquilles modernes à 100 mètres au-dessus de la mer.

Du soulèvement de la côte sud-est de l'Amérique méridionale, formations produites par ce soulèvement.

Les dépôts tertiaires de la Patagonie, les dépôts pampéens ont été soulevés à une grande hauteur après leur formation. Ces couches remplies de coquilles de mollusques qui vivent actuellement sur nos côtes ont-elles été relevées par un soulèvement unique ou par une série de mouvements brusques? Ces couches ont-elles été au contraire relevées par un mouvement lent continu, uniforme, interrompu seulement en tout ou en partie un petit nombre de fois et pendant un temps fort long? Ce mouvement uniforme a-t-il réellement été la cause de la disposition si curieuse de ces plaines ou terrasses placées les unes au-dessus des autres en gradins? Est-il bien prouvé que ces phénomènes se soient passés à une époque à laquelle vivaient déjà les mollusques de ces côtes, et avec eux les grandes races de mammifères qui sont toutes éteintes aujourd'hui? Telles sont les questions que M. Darwin a étudiées avec un soin et un talent d'observation extrêmement remarquables. Les nombreuses observations que nous allons donner sur ces problèmes, appartiennent à cet auteur.

Nous nous sommes efforcés de donner une idée complète de ces travaux et de reproduire la théorie qu'il a fait ressortir de l'étude des faits pour les expliquer de la manière la plus satisfaisante. Nous avons souvent emprunté textuellement à cet auteur, dans la crainte de ne pas donner un développement

suffisant à cette importante question qui, à notre avis, est une des plus curieuses et des plus importantes qu'ait soulevées de nos jours l'étude de la géologie.

Nous avons présenté et discuté les objections qui ont été faites à cette théorie, afin que le lecteur puisse saisir tout l'ensemble de la question et les études qu'elle peut encore exiger.

Sur les bancs du grand estuaire du Rio de la Plata, près de Maldonado, M. Darwin a trouvé près d'un lac une couche de limon argileux élevée d'environ 70 centimètres au-dessus des eaux et qui contient un nombre assez considérable de coquilles d'estuaire : l'*Azara labiata* d'Orbigny, le *Mytelus eduliformis*, la *Paludestrina Isabellii* et le *Solen caribæus*.

A Montevideo, on a trouvé un lit élevé d'environ 5 à 6 mètres au-dessus des eaux et qui contenait huit espèces de coquilles qui vivent encore aujourd'hui dans la mer voisine ; près de la bouche de l'Uruguay, on a rencontré des couches de coquilles modernes un peu au-dessus du niveau des eaux et qui s'étendent sur une surface de plusieurs milles. M. d'Orbigny a trouvé à San Pedro, sur la rivière du Parana, l'*Azara labiata* et un grand nombre d'autres coquilles modernes à 100 pieds au-dessus du niveau des eaux. M. Parish a trouvé des coquilles semblables près de Buénos-Ayres, à une hauteur de 40 pieds. Ces couches à coquilles sont généralement situées sur les plateaux les plus élevés et sont renfermées dans une masse terreuse stratifiée, semblable au dépôt pampéen.

Les coquilles fossiles sont toutes modernes et on les trouve sur toute la côte. Les dépôts coquilliers se rencontrent sur tout le littoral de distance en distance jusqu'au Rio Salado.

La côte, jusqu'à Bahia-Blanca, à 39° lat. sud, est formée par des couches horizontales de terrains tertiaires élevées à des hauteurs qui varient très-peu entre elles et qui sont souvent recouvertes par d'immenses accumulations de dunes de sable. Ainsi à Punte Alta, au-dessus des couches fossilifères que nous avons étudiées et qui contiennent dans leur partie supérieure des coquilles fossiles qui vivent dans les mers voisines, nous trouvons d'immenses accumulations de dunes de sable alignées parallèlement à la côte, entre lesquelles on trouve des couches de terres limoneuses ou argileuses rougeâtres qui contiennent des débris de coquilles marines; ces dunes s'étendent à plusieurs milles dans l'intérieur sur une plaine qui s'élève peu à peu de 30 à 70 mètres de hauteur.

L'origine de ces dépôts argileux qui séparent les lignes parallèles de dunes de sable paraît se rapporter à des courants qui avaient de la tendance (comme je crois que cela a lieu dans les petits havres et sur les côtes protégées) à former des barres parallèles à la côte et à quelque distance d'elles. Cette barre s'élargit peu à peu en donnant une base à l'accumulation des dunes de sable, et l'espace étroit qui la sépare se comble de boue.

La formation progressive de ces dépôts, sans au-

cune élévation des terres, pourrait présenter une plaine unie traversée par des lignes parallèles d'amas de sable; si elle avait lieu pendant une élévation lente du sol, elle présenterait une surface légèrement inclinée comme celle de la côte nord de Bahia-Blanca. Je n'ai observé aucune coquille dans le voisinage à une hauteur de plus de 20 pieds.

Les plaines principales qui entourent Bahia-Blanca ont 80 à 100 mètres de haut, et elles s'élèvent graduellement vers la Sierra Ventana; elles sont entourées de plaines moins élevées, mais elles ne sont point disposées en terrasses comme dans la Patagonie; les plaines dans lesquelles l'établissement est fondé présentent des dunes qui contiennent des *Palustrina australis* d'Orb., qui vivent maintenant dans la baie.

La plaine basse est bornée au Sud, à la Cabeza del Bucy, par le bord d'une puissante formation pampéenne qui a environ 20 mètres de hauteur; au sommet de cet escarpement, il y a des dunes de sable qui s'étendent à plusieurs milles à l'Est et à l'Ouest.

Au Sud de Bahia-Blanca, le Colorado coule entre deux plaines de 10 à 15 mètres de haut; l'une de ces plaines, celle du Sud, s'étend jusqu'au grand plateau de grès du Rio Negro; l'autre, celle du Nord, jusqu'à l'escarpement du dépôt pampéen. Sur les plaines basses, au pied de l'escarpement Nord, on rencontre une immense accumulation de hautes dunes de sable que les Gauchos estiment avoir 8 milles de largeur; ces dunes s'étendent à l'Ouest

de la côte, à plus de 20 milles dans l'intérieur des terres ; elles sont séparées les unes des autres par des dépôts argileux précisément semblables à ceux de la côte N. de Bahia-Blanca ; on ne voit pas d'où a pu provenir cette immense accumulation de sable ; mais si, comme je le crois, les escarpements supérieurs ont formé jadis les côtes d'un estuaire, dans ce cas, les formations de grès du Rio Negro auraient été une source inépuisable de sable qui aurait été accumulé sur la côte N. comme cela a lieu sur toutes les parties de la côte ouverte au vent du Sud entre Bahia-Blanca et Buénos-Ayres. A San Blas à 40° 40′ Sud, M. d'Orbigny (Géologie de l'Amérique, p. 54), a trouvé quarante espèces de coquilles vivantes, six d'entre elles identiques avec celles de Bahia-Blanca, enterrées dans leur position naturelle ; attendu la profondeur à laquelle ces coquilles vivent, on peut conclure qu'elles ont été élevées de 10 pieds ; il a trouvé aussi, à 5 à 7 mètres au-dessous de ce lit, les traces d'un ancien rivage. Au port San-Antonio, les officiers de l'expédition m'ont assuré avoir vu un très-grand nombre de coquilles roulées à la surface du sol, semblables à celles qu'on a trouvées dans les autres parties de la Patagonie. A Saint-Joseph, à 90 milles au Sud, on a trouvé au-dessus du gravier qui recouvre une vieille formation tertiaire, un lit irrégulier et des monticules de sable de plusieurs pieds d'épaisseur, contenant de coquilles de *Patella diorita*, de *Mytilus Magellanicus*, encore colorées, de *Fucus Magellanicus*, et une large ballane que l'on trouve encore

sur la côte. On a estimé que ce lit pouvait être à 28 ou 30 mètres au-dessus du niveau de la mer : à l'Ouest de cette baie, il y a une plaine qui a environ 70 ou 100 mètres de haut : d'après cette observation topographique, cette plaine paraît être la continuation des formations de grès du Rio Negro.

Le port le plus voisin où M. Darwin a abordé est le port Désiré, à 340 milles; mais il a obtenu des renseignements très-précis entre ces divers ports, et je puis affirmer que toute la Patagonie présente une formation tertiaire entourant souvent des montagnes de porphyre et de quartz ; la surface est coupée par de larges vallées et présente des plaines en forme de terrasses s'élevant les unes au-dessus des autres, recouvertes toutes par des lits de graviers principalement composés de roches porphyriques et que je décrirai à la fin du chapitre.

Pour montrer l'égalité remarquable des mouvements d'élévation sur la côte ouest de l'Amérique méridionale, M. Darwin a donné des coupes de terrains avec les hauteurs correspondantes qui présentent un grand intérêt (voyez la *fig.* n° 1). La plaine supérieure est appelée Montagne de la Table; son bord forme une ligne d'escarpement de plusieurs milles de longueur qui s'avance sur une plaine moins élevée. La plaine la plus basse correspond à celle de Saint-Joseph sur laquelle nous avons trouvé des coquilles modernes. Entre le plateau le plus bas et le plateau le plus élevé, il y a certainement plus d'une terrasse, et plusieurs observations semblent en mon-

trer l'existence ; la coupe suivante donne l'idée de la structure générale de la grande baie de Saint-George, n° 2.

Au sud du cap de la baie Saint-George, près des trois pointes, il y a deux plaines bien distinctes de 70 et 100 mètres d'élévation ; au sud du cap, la plaine, de 80 mètres, a encore été reconnue ; au milieu de la baie une plaine plus élevée a été mesurée ; elle a 580 mètres de hauteur, et au-dessus de cette plaine, dans l'intérieur, M. Stokes en a trouvé plusieurs autres dont la plus élevée atteint 400 mètres. Toutes ces plaines sont coupées par de larges vallées et sont profondément dénudées.

Au port Désiré, à 50 milles au sud, M. Darwin a pris avec le baromètre la hauteur d'une plaine qui s'étend au nord du port et le long de la côte qui varie de 80 à 85 mètres de hauteur. Cette plaine aboutit à l'escarpement d'une plaine plus élevée de 330 mètres à peu près, qui s'étend au loin vers la côte et parallèlement dans l'intérieur des terres. Au-dessus de cette plaine il existe encore une plate-forme beaucoup plus élevée, mais dont nous ne connaissons pas la hauteur. La disposition de ces plaines est indiquée dans la coupe n° 3.

Dans plusieurs points même, à une distance de 3 ou 4 milles des côtes, j'ai trouvé sur la surface de gravier des coquilles de *Mytilus Magellanicus*, de *Mytilus edulis*, de *Patella deaurita* et d'une autre patelle trop roulées pour pouvoir être identifiées, mais qui sont tout à fait semblables aux mêmes espèces,

qui vivent actuellement en nombre considérable sur la côte. Ces coquilles paraissent très-anciennes, leur teinte bleuâtre a presque disparu, et il y a à peine des traces de couleur sur les patelles; elles sont répandues à la surface du gravier et sont plus communes au commencement des petites vallées; elles contiennent ordinairement du sable dans l'intérieur. Je présume qu'elles ont été transportées par l'action alluviale, hors des couches minces de sable, dont les traces peuvent souvent s'apercevoir sur le gravier. La plupart des plaines ont leurs surfaces nivelées et sont creusées par de larges vallées sinueuses, à fond uni, qui, d'après l'état des broussailles, ne sont jamais sillonnées par des cours d'eau un peu considérables. Ces observations sur l'état des coquilles, sur la nature des plaines s'appliquent à toute la Patagonie et n'auront pas besoin d'être répétées.

Au sud du port Désiré les plaines ont été extrêmement dénudées, et il ne reste que quelques lambeaux des plateaux supérieurs qui indiquent leur ancienne extension; mais vis-à-vis l'île Bird on trouve des plaines ou plates-formes dont la hauteur est pour l'une de 116 mètres, et pour l'autre de 196 mètres. Cette dernière s'étend le long de la côte jusqu'au port Saint-Julien, à 110 milles au sud du port Désiré (*Voir* la coupe n° 4).

La plaine la plus basse a environ 30 mètres de hauteur; le lit de graviers qui recouvre ordinairement ces terres a été transporté bien avant dans

des creux ou des sillons qui ont été remplis par les terres sablonneuses et rougeâtres qui forment des couches très-superficielles sur toutes ces plaines; dans l'un de ces espaces ainsi comblés, on a trouvé le squelette du *Macrauchenia* dont nous avons parlé; à la surface et dans les parties supérieures de cette masse terreuse il y avait beaucoup de débris de *Mytilus magellanicus*, *M. edulis*, *Patella deaurita* et des fragments d'autres espèces. Cette plaine est assez unie, mais elle est peu étendue; elle forme un promontoire de 7 à 8 milles de long sur 3 ou 4 de large; les plateaux supérieurs sont couverts par des couches épaisses de graviers et sont toutes plus ou moins dénudées; celui qui a 317 mètres (*Voyez* la coupe n° 4) présente seulement des montagnes séparées, tronquées et couvertes de gravier; deux d'entre elles ne présentaient qu'une différence de 1 à 2 mètres. Le plateau de 143 mètres paraît s'étendre sans interruption jusqu'à l'embouchure nord du rio de Santa-Cruz, à 50 milles au sud: mais là il n'a plus que 110 mètres de hauteur. Sur le côté sud de l'embouchure de la Santa-Cruz nous avons la coupe n° 5 sur laquelle nous pouvons donner beaucoup plus de détails que sur les précédentes. La plaine marquée 120 mètres est la continuation de celle que nous venons de mentionner et qui a 118 mètres; elle s'étend dans la direction du N.-O. le long de la côte sud de l'estuaire; elle est couverte de gravier qui, dans la plupart des points, présente une couche mince de matières terreuses rougeâtres. Ces plaines

sont coupées par de grandes vallées à fonds unis ; les plateaux ainsi formés paraissent parfaitement nivelés à l'œil; mais en s'avançant au sud-sud-ouest vers un escarpement éloigné de 6 milles, on voit qu'ils s'élèvent sensiblement au pied de l'escarpement, atteignent à une hauteur de 153 mètres, et offrent 33 mètres de différence de niveau sur un espace de 6 milles.

Sur cette plaine de 120 à 153 mètres, nous avons trouvé des coquilles de *Mytilus magellanicus*, et d'un autre *Mytilus* qui n'a pas été déterminé, bien qu'on sache qu'il existe sur la côte ; la *Patella deaurita*, le *Fusus magellanicus*. A une distance de 4 milles de la mer et à une hauteur de 130 mètres, il y a des fragments de la même patelle et d'une *Voluta* (probablement de la *V. ancilla*), qui est empâtée dans ce dépôt terreux superficiel. Toutes ces coquilles ont la même apparence de vétusté que celles des localités voisines. Comme les marées à l'époque des syzygies s'élèvent de 13 mètres, elles forment une ligne de côte bien marquée ; on a cherché avec soin des traces d'anciennes lignes de côtes sur les plaines que nous avons vues s'élever de 36 mètres sur 6 milles, mais on n'a rien trouvé de semblable. Le plateau qui lui succède a 230 mètres de hauteur; il est très-étroit, nivelé et recouvert de gravier ; il aboutit à un plateau de 280 mètres, qui s'étend, à perte de vue, dans les terres, le long de la côte sud de la vallée de la Santa-Cruz, et au sud le long des côtes de l'Atlantique.

La rivière de Santa-Cruz coule de l'est à l'ouest sur une étendue de 160 milles ; elle traverse la grande formation tertiaire patagonienne, et dans la partie supérieure de la vallée d'immenses courants de lave basaltique, qui, aussi bien que les couches tertiaires, sont recouverts par des lits de gravier subordonnés à une puissante formation erratique. En remontant la vallée, la plaine qui, en commençant sur la côte sud, a 120 mètres de haut, paraît faire partie de la plaine correspondante sur le côté nord, de telle façon que leurs escarpements paraissent avoir formé les côtes d'un premier estuaire plus large que celui qui existe; les escarpements de la plaine la plus élevée, qui a 260 mètres, correspondent à un escarpement semblable au nord qu'on rencontre sur quelques points, et paraissent avoir formé un estuaire encore plus large. Plus loin, au haut de la vallée, les côtés sont bordés dans toute leur longueur par des terrasses unies et s'élevant les unes au-dessus des autres ; la largeur entre les escarpements supérieurs est d'environ 7 à 10 milles ; cependant dans un endroit où la vallée traverse la lave basaltique, elle n'a que 1 mille 1/2 de large ; entre les escarpements des seconds plateaux, la largeur est d'environ 4 à 5 milles ; à une distance de 110 milles de l'Océan, le fond de la vallée commence à s'élargir insensiblement, et forme bientôt une plaine considérable qui a 145 mètres au dessus de la mer, et à travers laquelle la rivière coule dans une gouttière de 7 à 14 mètres de profondeur.

On a trouvé dans une localité, à 140 milles de l'Atlantique et à 68 milles du point le plus rapproché de l'océan Pacifique, une coquille de la *Patella deaurita*, fort ancienne et fort roulée. Plus bas, dans la vallée, à 150 milles de l'Atlantique, et à une élévation de 100 mètres, on a recueilli, dans le lit de la rivière, deux coquilles de *Voluta ancilla* très-roulées, mais avec quelques traces de leur couleur, et une coquille de *Patella deaurita*; il paraît que ces coquilles ont été transportées du bord de la mer dans la rivière, et en considérant la distance de la mer, le peu d'habitants qui résident dans cette contrée, l'apparence de vétusté des coquilles, on ne peut admettre qu'elles ont été portées là par des Indiens.

Au commencement de la vallée, la plaine est remarquablement unie, mais en sortant des eaux elle a été recouverte de dunes de sable comme celles qui forment les côtes actuelles; au point le plus élevé auquel nous soyons parvenus, elle avait 16 milles de largeur du nord au sud, et 45 milles de longueur de l'est à l'ouest; elle est bordée par les escarpements, de deux plaines qui divergent à mesure qu'elles se rapprochent des Cordillères, et conséquemment ressemblent à des coteaux formant les côtes d'une grande baie creusée entre deux montagnes, et ces montagnes sont sillonnées vis-à-vis la plaine la plus basse par une brèche remarquable; ainsi, la vallée de Santa-Cruz est une coupure longue et étroite de 90 milles de longueur, bordée par des terrasses de gravier dont les escarpements aux deux extrémités divergent ou se

développent l'une sur l'autre à la manière des côtes des grandes baies. En considérant la forme particulière de cette terre, les dunes de sable que présente la plaine au commencement de la vallée, la coupure dans les Cordillères au niveau de celle-ci, la présence sur deux points de débris de coquilles d'espèces existant aujourd'hui, et enfin la présence sur des plaines de 120 à 151 mètres de nombreux restes de débris marins provenant de l'Atlantique, et abandonnés au loin dans la vallée, on est conduit à admettre que, dans une période très-récente, la grande vallée de la Santa-Cruz formait un détroit qui coupait le continent. A cette époque, la partie méridionale de l'Amérique formait un archipel d'îles qui s'étendait du nord au sud sur une étendue de 360 milles. Nous verrons que deux autres détroits fermés depuis coupaient alors la Terre-de-Feu ; je dois ajouter que l'un d'eux s'était étendu jusqu'au pied de la Cordillère, en formant une grande baie, maintenant l'Otway-Water, semblable à celle qui couvrait la plaine, de 150 mètres, à la source de la Santa-Cruz. J'ai dit que la vallée, dans toute sa longueur, était bordée par des terrasses de graviers; la coupe suivante peut donner une idée de leur disposition (*Voir* la coupe n° 6, qui est prise perpendiculairement au cours de la rivière).

A un point situé au milieu de l'espace qui sépare les Cordillères de l'Atlantique, on a trouvé la plaine A, à 380 mètres au-dessus de la rivière : toutes les autres terrasses à ce point ne forment ainsi qu'un seul

escarpement. A 16 milles en amont, on a trouvé que la terrasse B. N. était à 289 mètres au-dessus de la rivière; la terrasse C. N. à 213 mètres; la terrasse D. N. ne put être mesurée; la terrasse E. P. n'était que de 60 mètres au-dessus de la rivière. Ces terrasses étaient bien développées lorsque la vallée avait une grande largeur; réunies, elles formaient de gigantesques gradins, mais qui n'étaient distincts que sur quelques points. La terrasse la plus basse avait moins de continuité que les autres et disparaissait dans le tiers supérieur de la vallée. La terrasse C. S. se présentait continue sur une très-grande étendue. La terrasse B. N., à 55 milles de l'embouchure de la rivière, avait 4 milles de largeur, et plus haut elle atteignait une largeur de 8 milles. La seconde plaine était presque partout plus large que les autres, et les plateaux inférieurs de la rive droite de la vallée avaient généralement le double de la largeur de ceux de la rive gauche. Le plateau supérieur fait partie de la plaine de 280 mètres que nous avons mesurée sur la côte, il se confond plus loin avec la plaine terminée par l'escarpement B*s*. La plaine correspondante A, au nord de la vallée, paraît s'étendre de la Cordillère au commencement de l'estuaire moderne de Santa-Cruz, et de là jusqu'au port Saint-Julien. Près de la Cordillère, la plaine du sommet des deux côtés de la vallée a de 1070 mètres à 1100 mètres de hauteur; à 100 milles de l'Atlantique, elle a 472 mètres, et sur la côte 280 mètres au-dessus de la mer. Ainsi, à une distance de 100 milles,

la plaine s'élève de 192 mètres et beaucoup plus rapidement près des Cordillères. Les terrasses plus basses B et C paraissent s'élever à mesure qu'elles remontent la vallée; la terrasse DN mesurée à deux points, distants l'un de l'autre de 24 milles, présenta une différence de 62 mètres dans son élévation.

Toutes ces circonstances me portent à croire que cette inclinaison graduelle des plaines au-dessus de la vallée a été principalement causée par l'élévation du continent en masse, élévation qui aurait été plus grande auprès de la Cordillère.

Toutes les terrasses sont recouvertes de cailloux roulés qui sont placés soit sur les surfaces dénudées ou sillonnées des dépôts tertiaires soit sur celles de la lave basaltique; la différence de hauteur entre les terrasses les moins élevées semble être due à la différence d'épaisseur des graviers. Les inégalités ou les sillons que présente la couche de graviers que l'on rencontre sont remplis et nivelés par une masse terreuse.

Les cailloux spécialement sur les plaines élevées sont souvent teints d'une boue blanchâtre, cimentés par une substance alumineuse blanche, et on trouve quelquefois des graviers présentant les mêmes caractères sur la terrasse D. On n'a pu trouver aucune trace d'un semblable dépôt sur les cailloux transportés maintenant par la Santa-Cruz, et rien n'indique que la terrasse D ait été formée par une rivière. La terrasse E s'étendant à environ 20 pieds au-dessus du lit de la rivière, on est disposé à croire que cette

terrasse a été formée par l'action de ses eaux ; mais cette opinion s'évanouit devant cette observation que le soulèvement du sol, en augmentant la pente des courants, tend à augmenter premièrement près du rivage, et de là de plus en plus loin dans la vallée, leur puissance érosive et sulcatrice, de telle sorte qu'une plaine alluviale formée presque de niveau avec un ruisseau, sera, après une élévation de cette espèce, creusée et laissée à une hauteur telle que les eaux ne pourront plus l'atteindre. Quant aux trois terrasses supérieures de la vallée de la Santa-Cruz, je pense qu'on ne peut douter qu'elles n'aient été modelées par la mer, lorsque les vallées étaient occupées par un détroit, de la même manière qu'ont été formées les grandes terrasses que l'on rencontre le long de la Patagonie.

Pour revenir aux côtes de l'Atlantique, la plaine de 280 mètres à l'embouchure de la Santa-Cruz s'étend horizontalement fort loin au sud, et les officiers chargés du relèvement des côtes ont observé qu'elle entoure le petit bras de la baie Coy (à 60 milles au sud), et s'étend au loin dans l'ouest; des strates qui paraissent de la même hauteur se rencontrent à 40 milles plus au sud dans l'intérieur des terres sur lesquelles coule la rivière de Galagos; une autre plaine qui s'étend jusqu'au cap Gregory à 35 milles au sud dans le détroit de Magellan, a été estimée avoir environ 230 à 333 mètres de hauteur, elle s'élève vers les Cordillères et est recouverte par la formation erratique. Au sud du détroit de Magellan, on trouve de

larges masses stratifiées qui semblent appartenir aux mêmes formations et qui se montrent par intervalle le long de la côte est de la Terre-de-Feu ; sur deux points de cette île, éloignés de 110 milles, cette plaine a de 320 à 333 mètres de hauteur.

A la baie Coy, on rencontre un plateau de 120 mètres de hauteur, qui s'étend, d'une part, dans l'intérieur, et, d'autre part, sur la côte, jusqu'à la rivière de Gallegos, à 40 milles au sud. De ce point au détroit de Magellan, et de chaque côté de ce détroit, le pays a été extrêmement dénudé et est beaucoup moins uni; on y retrouve principalement le dépôt erratique qui s'élève à une hauteur de 50 à 80 mètres et est souvent recouvert par des lits de gravier; à Nuestra Señora de Gracia au nord du second goulet du détroit au sommet d'un escarpement de 53 mètres de hauteur, on a trouvé des coquilles de *Patella* et de *Mytilus* répandues sur la surface et en partie fixées dans le sol. D'autre part, sur la côte est de la Terre de Feu, à la latitude de 53° 20', on a recueilli plusieurs débris de *Mytilus* sur un plateau à 67 mètres de hauteur. Antérieurement à l'élévation du sol, attestée par la présence de ces coquilles, il est évident, par la forme des terres et par la distribution des blocs erratiques à la surface, qu'il existait deux bras de mer qui faisaient communiquer le détroit avec la baie Saint-Sébastien.

Les coquilles modernes relevées sur les côtes à une hauteur qui varie entre quelques mètres et 170 mètres, se rencontrent, à divers intervalles, depuis la

latitude 33° 40′ jusqu'à 53° 20′, sur une étendue de 500 lieues géographiques. Comme la formation erratique s'étend à peu près à la même hauteur, depuis le 53° 20′ jusqu'à 50 lieues plus au sud, il en résulte que du point où M. d'Orbigny a trouvé des lits d'*Azara labiata* jusqu'au cap Horn, la côte ouest de l'Amérique a été soulevée sur une étendue de près de 395 lieues, et à une époque à laquelle vivaient déjà les mollusques qui habitent nos côtes et où les grands mammifères n'existaient plus. Partout où on a abordé on a trouvé des coquilles relevées, excepté sur les rives du Rio Negro ; toutes paraissent très-anciennes, bien que quelques-unes aient conservé des traces de leur couleur, ce qui paraît très-étonnant au premier abord, mais ce qui le devient beaucoup moins, lorsque l'on sait que la matière colorante du *Mytilus* persiste après la destruction de la coquille lorsqu'elle est complétement désagrégée ; la plupart de ces coquilles sont brisées. On ne rencontre jamais les deux valves réunies ; leurs fragments ne sont pas généralement arrondis.

Le soulèvement du sol est incontestable dans toutes les parties du détroit de Magellan ; il en est de même aux îles Falkland, où on trouve des ossements de cétacés modernes à plusieurs centaines de pieds au-dessus du niveau de la mer. Dans ces îles on trouve aussi une formation erratique analogue à celle du détroit de Magellan et qui a été relevée avec les dépôts récents. Ainsi le sol de l'Amérique méridionale a été soulevé sur une immense surface carrée, non

par un mouvement unique, mais probablement par des actions successives qui ont eu des directions distinctes.

M. Darwin a montré que non-seulement ces côtes avaient été mises à sec dans un temps peu éloigné de nous, mais encore que les mouvements d'élévation ont eu un degré remarquable d'égalité. Les falaises, les plaines en terrasses de la Patagonie ont des hauteurs semblables sur une étendue de 170 lieues géographiques.

Nous avons cité les hauteurs d'un grand nombre de ces plaines, hauteurs qui ont été obtenues, soit par des calculs trigonométriques, soit par des observations barométriques. Nous avons surtout remarqué que les plaines qui étaient à une hauteur de 112 à 120 mètres étaient les mieux dessinées et s'étendaient presque uniformément sur toute la Patagonie; que celles de 70 mètres présentaient une régularité moins parfaite, mais presque aussi remarquable. Nous reproduisons ici le tableau des hauteurs que M. Darwin a donné, et qui est plus éloquent que tous les raisonnements que l'on pourrait faire pour établir sa théorie.

	Mètres.
Plaine qui s'étend de la rivière de Gallegos au havre Coy.	117
Rives sud de la rivière de Santa-Cruz.	118
Rives nord *id*	110
Plaine opposée à l'île Bird.	117
Port Désiré, plaine située le long de la côte.	110
Baie Saint-Georges, promontoire du nord.	110
Tableland au sud de New Bay.	117

Baie Coy. Hauteur en partie mesurée, en partie estimée.	70 à 100
Port Désiré	82 à 85
Cap Blanco.	83
Promontoire nord du golfe Saint-Georges.	70 à 74
Au sud de New Bay.	70 à 74
Au nord de Saint-Joseph (estimé).	70 à 100
Plaine de Rio Negro.	70 à 74
Bahia Blanca (estimé)	70 à 100

Outre ces plaines on rencontre presque aussi constamment celle de 187 à 193 et celles de 27 à 33 mètres.

Ces plaines ou ces grandes terrasses qui s'élèvent les unes au-dessus des autres sont formées par la dénudation des anciennes couches du tertiaire patagonien et par le dépôt à leur surface d'une masse énorme de cailloux arrondis dont les couches ont une épaisseur d'autant plus considérable qu'on se rapproche davantage des Cordillères. Ces graviers sont souvent recouverts par un lit mince d'une terre

sablonneuse à la surface ou dans les couches de laquelle on trouve une grande quantité de coquilles modernes. Ces faits indiquent de la manière la plus précise que ces terrasses se sont formées par l'action de la mer lorsque le soulèvement continu du sol s'est trouvé momentanément interrompu.

Quand on étudie la disposition de ces terrasses les unes au-dessus des autres, leur pente qui croît régulièrement du bord d'un escarpement jusqu'au pied de l'escarpement suivant, et que sur les mêmes lieux on étudie comparativement la disposition des falaises au bord de la mer, l'inclinaison du fond, la distribution des coquilles dans la vase que l'on rencontre dans les points abrités, on est frappé de la parfaite ressemblance des phénomènes; l'inclinaison du fond est exactement la même que celle des plaines supérieures; il n'y a qu'une seule différence très-importante, il est vrai: c'est que sur la côte actuelle les cailloux roulés que l'on trouve sur le fond diminuent rapidement de volume, et que, à 20 milles de la côte, on ne rencontre pas un caillou roulé qui atteigne une épaisseur d'un demi-pouce; si l'on part au contraire de la côte pour pénétrer dans l'intérieur des terres, les cailloux roulés qui recouvrent ces plaines n'augmentent pas de volume et présentent la même disposition dans toute la largeur de la plaine.

Il est évident dès lors que si la côte actuelle venait à être soulevée à 100 ou 200 mètres au-dessus du niveau de la mer, la disposition des cailloux roulés serait entièrement différente de celle que nous avons

sous les yeux ; bien que la disposition des terrasses et l'inclinaison des côtes émergées fussent parfaitement semblables à celles qui sont à sec aujourd'hui. M. Darwin a résolu cette difficulté en admettant que les côtes s'étaient soulevées d'une manière continue, et, comme nous le verrons plus tard, cette circonconstance peut expliquer la disposition des cailloux roulés.

On trouve les coquilles modernes tantôt telles qu'elles vivent aujourd'hui dans le sable ou dans la vase, tantôt dans une position différente. On a objecté que cette position des coquilles parmi les couches superficielles indiquait nécessairement qu'elles avaient été soulevées brusquement. Dans les baies protégées, comme celle de Bahia Blanca, où la mer accumule d'énormes quantités de sable, des bancs de coquilles peuvent périr enterrés sous la vase ou le sable, rester dans la position qui leur est propre pendant leur vie, et cela pendant que le sol reste au même niveau ; le plus petit soulèvement produirait le même résultat. Si du reste, on vient à examiner, comme nous l'avons fait fréquemment, la position des coquilles qui ont péri dans des mares desséchées pendant l'été, on trouve la plus grande partie des coquilles dans la position dans laquelle on les observe pendant leur vie. On a des exemples de soulèvement à une hauteur de quelques mètres par l'action des tremblements de terre, et dans lesquelles on a vu des bancs de coquilles relevés se conserver dans leur position

normale et rester adhérents aux rochers. La position des coquilles dans la vase ne saurait prouver nécessairement qu'elles ont été soulevées brusquement; le moindre changement de niveau suffit pour obtenir le résultat que nous avons indiqué. Du reste, il ne saurait y avoir de doute pour la Patagonie, car on ne peut expliquer la formation de ces immenses lignes de dunes de sables sur une surface qui s'élève graduellement à 33 mètres, et entre lesquelles il existe des dépôts limoneux remplis de coquilles qui indiquent le séjour des eaux, que par un exhaussement lent et continu du sol.

On ne peut se rendre compte de la formation de ces terres, de la présence de ces escarpements, qu'en admettant qu'il y a eu des intermittences dans le soulèvement de la côte, et que pendant ces intervalles la mer en battant ce rivage a fouillé le sol, l'a creusé, sillonné à une profondeur variable, suivant les marées, les vents, la disposition du fond et des côtes environnantes, et qu'à chaque période de repos elle a formé un nouvel escarpement correspondant à l'ancien rivage. Ces phénomènes ont été observés sur la côte est du Chili qui paraît s'élèver aujourd'hui d'une manière continue.

Sur les graviers qui s'accumulent aujourd'hui, les vagues poussées par les vents jettent souvent une légère couche de sable avec des coquilles les plus communes de la côte; ces coquilles vomies par les tempêtes, pendant l'élévation du sol, ne sont bientôt plus atteintes par la mer.

Le soulèvement lent et graduel du sol interrompu par des intervalles de repos rend compte de l'inclinaison régulière des plaines, de l'escarpement qui les termine, de leurs dispositions en gradins, de la distribution des cailloux roulés de volumes semblables sur toute l'étendue du dépôt, de la présence accidentelle de couches de sables et de fragments de coquilles qui habitent aujourd'hui la côte, qui ont été relevées, brisées, sans avoir été roulées, usées par l'action des vagues.

Ainsi, à une époque à laquelle vivaient les mollusques des côtes actuelles, mais postérieure à la destruction des grands mammifères, le sol a été soulevé à une hauteur de 33 mètres à la Plata et à 133 mètres dans le sud de la Patagonie. A la Plata le soulèvement a été lent; dans la Patagonie il a pu être produit par des mouvements plus considérables, mais plus probablement avec lenteur, et dans les deux cas il y a eu évidemment de longs intervalles de repos relatifs pendant lesquels la mer a profondément fouillé le rivage,

L'égale hauteur à laquelle on trouve ces dernières plaines doit faire admettre que les périodes de soulèvement et d'érosion ont été contemporaines et égales sur de grands espaces, et les caractères géologiques de ces formations doivent faire penser que ces périodes ont été au moins au nombre de huit et que les terres, jusqu'à une hauteur de 900 mètres, ont été nivelées de la même manière et par les mêmes agents, enfin que l'aire de soulèvement s'étendait

au sud des Cordillères jusqu'aux Falkland. Vers la Plata, au nord, l'étendue du soulèvement est inconnue, mais il a probablement eu lieu suivant plusieurs axes. Avant l'élévation du sol, attestée par la présence de coquilles modernes, le continent américain était divisé par un détroit dans la vallée occupée aujourd'hui par la rivière de la Santa Cruz, et il existait au sud plusieurs autres détroits fermés aujourd'hui. A Santa Cruz, à la latitude de 50° sud, les plaines ont été soulevées à une hauteur de 470 mètres depuis l'époque à laquelle les énormes blocs erratiques qu'on trouve sur ces terres ont été transportés d'une distance de 60 à 70 milles. Bien que toute cette côte soit très-voisine des volcans des Cordillères, il est cependant vrai de dire qu'on n'a rencontré sur toute son étendue aucune courbure, aucun plissement, aucune dislocation dans les strates que forment les terrains tertiaires.

La couche de graviers qui recouvre la Patagonie et que nous avons indiquée au havre Pecket, présente un si grand intérêt que nous pensons que le lecteur lira avec plaisir les détails importants que M. Darwin a publiés sur cette formation. Ces couches de gravier, quoique très-modernes, ne sont pas toutes contemporaines; celles que l'on rencontre sur les plateaux supérieurs sont certainement plus anciennes; un lit mince, d'une terre sablonneuse mélangée de petits cailloux de porphyre et de quartz, recouvrant une plaine au nord du Rio Colorado, est la limite septentrionale de cette forma-

tion. Ces petits cailloux de porphyre noir proviennent probablement de la dénudation d'un lit de graviers qui recouvre les plateaux de l'ancien grès tertiaire du Rio Negro ; ce lit de graviers, près du Rio Negro, a environ 2 à 3 mètres d'épaisseur. Ces cailloux sont renfermés dans une roche calcaire, qui, par la présence de grains de quartz très-fins, ressemble à du mortier, tantôt elle colore simplement des pierres séparées, tantôt elle forme la plus grande partie de la masse. Dans une localité M. Darwin a reconnu dans le gravier des nodules de gypse cristallisé du volume d'une tête d'homme ; cette couche a été suivie sur 45 milles dans l'intérieur des terres par M. Darwin, et elle s'étend probablement beaucoup plus loin. Comme la surface de la plaine argilo-calcaire de la formation pampéenne sur le côté nord de la grande vallée du Rio Colorado s'étend environ à la même hauteur que ces ciments graveleux, semblables à du mortier, qui recouvrent les grès au nord, il est probable, en tenant compte de la similitude des mouvements d'élévation de cette côte de l'Amérique, que ces graviers du Rio Negro et les lits supérieurs de la formation pampéenne du Rio Colorado au nord sont à peu près de la même époque, et que la matière calcaire provient de la même source.

Au sud du Rio Negro, les falaises le long de la grande baie de Saint Antonio sont recouvertes de graviers. A Saint-Joseph la couche des graviers présente le même caractère que ceux du Rio Negro.

entre Saint-Joseph et le port Désiré tout le pays est recouvert par ce même gravier; sur ce dernier point les couches de gravier atteignent 10 à 12 mètres d'épaisseur, elles recouvrent les trois plateaux que nous avons signalés et s'étendent à l'est à plus de 50 milles; ici comme dans beaucoup d'autres lieux de la Patagonie, les lits de sable qui les recouvrent présentent souvent des coquilles marines très-récentes. Ces couches de sable remplissent souvent les sillons tracés dans le gravier qui a comblé les inégalités du terrain tertiaire sous-jacent, ces cailloux sont très-souvent colorés en blanc ou même cimentés ensemble par une substance particulière blanche, friable, alumineuse, fusible, qui paraît être du feldspath décomposé. Au port Désiré, le gravier repose tantôt sur une formation de basalte porphyrique, tantôt sur les couches supérieures ou inférieures du tertiaire dénudé; il est à remarquer que la plupart des cailloux de porphyre diffèrent des variétés de porphyre que l'on trouve en place. Au port Saint-Julien, les montagnes restes des plateaux les plus élevés, et qui atteignent une hauteur de 318 mètres, sont recouvertes de la couche habituelle de gravier. Près de l'embouchure de la Santa-Cruz, le lit de gravier sur le plateau de 120 mètres de hauteur atteint 12 mètres d'épaisseur; les cailloux varient de la grosseur d'un œuf de poule à celle du poing; ils se rapportent principalement à des variétés de porphyre gris ou jaunâtre; on y rencontre pour la première fois des cailloux de schistes argileux

noir. Le gravier, comme nous l'avons vu, recouvre les plaines des deux côtés de l'embouchure de la rivière. A 110 milles de la côte la plaine s'élève à 472 mètres au-dessus de la mer, et la couche de gravier sur laquelle on commence à reconnaître la formation erratique atteint une épaisseur de 70 mètres; cette plaine qui paraît alors constamment recouverte par ces dépôts, s'élève graduellement vers les Cordillères jusqu'à une hauteur d'environ 1070 à 1100 mètres. En remontant la vallée, les graviers changent complétement de caractère; en haut on rencontre des cailloux de roches cristallines feldspathiques, des fragments de schistes argileux noirâtres, de schistes quartzeux et des porphyres grisâtres. Ces roches, en jugeant d'après les masses erratiques considérables que l'on rencontre à la surface, et d'après les petits cailloux empâtés à 233 mètres au-dessous, dans l'épaisseur des anciennes couches tertiaires, appartiennent aux espèces minérales qui composent les Cordillères. Les cailloux de basalte qui proviennent des courants de lave qui existent dans le voisinage sont très-nombreux; les variétés de porphyres qui dominent sur la côte se rencontrent encore ici, mais sont beaucoup moins fréquentes. Ainsi les cailloux qui recouvrent les plateaux de 115 mètres à l'embouchure de la Santa-Cruz, à l'exception de ceux de schistes argileux compactes, ne peuvent appartenir à la chaîne des Cordillères à cette latitude; mais ont été probablement transportés en grande partie des montagnes situées plus au sud.

Au sud de la Santa-Cruz, le gravier recouvre continuellement les plateaux de 280 mètres d'élévation. Sur le Rio Gallegos où l'on rencontre des plateaux moins élevés, le capitaine Sullivan a vu le pays recouvert tout entier d'une couche de graviers de 4 mètres d'épaisseur. Les plaines des deux côtés du détroit de Magellan sont recouvertes, soit de cette formation de graviers, soit de la formation erratique, il est extrêmement intéressant d'observer la différence remarquable entre les cailloux parfaitement arrondis de la grande formation alluviale de la Patagonie et les cailloux et les masses plus ou moins anguleuses de la formation erratique. Les cailloux et les fragments aux environs du détroit de Magellan appartiennent presque tous aux espèces minéralogiques de la Terre de Feu.

En draguant on a trouvé, au sud du détroit, des cailloux de porphyre siliceux jaunâtre dont nous avons déjà parlé, et aux îles des États on en a trouvé à une très-grande profondeur; de semblables roches ont été retrouvées encore à l'extrémité ouest des îles Falkland. M. Kent a recueilli un sac de ces cailloux au havre de White-Rock entre les deux îles; ils se composaient de cailloux parfaitement arrondis, variant du volume d'une noix au volume d'un œuf, et quelques autres plus grands. Trente-huit d'entre eux appartenaient aux roches de ces îles; vingt-six étaient semblables aux roches porphyriques des plaines de la Patagonie et que l'on ne trouve point en place dans les Falkland; un caillou arrondi ap-

partenait au porphyre siliceux jaunâtre; trente étaient d'origine douteuse.

La distribution de cette espèce de porphyre est extrêmement remarquable, car jusqu'à présent on n'en connaît aucune roche en place dans la Terre de Feu, dans les Falkland et sur la côte est de la Patagonie, et il est curieux de voir des cailloux répandus sur un espace de plus de 840 milles du nord au sud, et aux Falkland, à 300 milles à l'est de la Patagonie. Leur présence dans la Terre de Feu et les Falkland pourrait s'expliquer par l'action des glaces flottantes qui ont transporté les blocs erratiques.

Nous avons vu que les cailloux de porphyre de petite dimension se rencontraient tout d'abord sur la rive nord du Colorado, qu'ils formaient un lit bien développé sur le Rio Negro. De ce point nous avons lieu de penser que ces couches s'étendent sur les plaines et dans les vallées de la Patagonie sur un espace de 630 milles géographiques au sud de la Gallegos. De la pente que présentent les plaines, de la nature des cailloux, de leur extension dans l'intérieur des terres vers le Rio Negro et de leur immense développement à Santa-Cruz, d'où elles s'étendent jusqu'aux Cordillères, on peut conclure hardiment que cette formation recouvre toute la largeur de la Patagonie. Près de la côte, le gravier a généralement de 4 à 10 mètres d'épaisseur, et comme dans la vallée de la Santa Cruz elle atteint, à quelque distance des Cordillères une épaisseur de 71 mètres, nous pouvons admettre que son épaisseur moyenne sur

une surface de 630 milles sur 200 est d'environ 18 mètres.

L'origine et le transport de cette puissante formation de graviers est certainement un des problèmes les plus intéressants de la géologie; et si on considère sa position sur des plateaux formés par la mer à une époque où vivaient déjà les mollusques qui couvrent les côtes, on admettra que ce dépôt est certainement dû à un événement géologique très-moderne.

En tenant compte de la forme du continent, nous pouvons à peu près affirmer que ces cailloux roulés sont venus de l'ouest et probablement pour la plus grande partie de la chaîne des Cordillères, mais peut-être aussi de quelques chaînes de montagnes de la Patagonie qui sont encore inconnues. Ces cailloux roulés n'ont point été transportés par les rivières de l'intérieur vers les côtes, le petit nombre et la faiblesse des courants d'eau qui sillonnent la Patagonie, ne permettent point d'accepter cette explication, et nous avons une preuve de l'insuffisance de ces courants pour le transport des cailloux roulés; en effet il nous a été démontré par nos observations sur la Santa-Cruz, qui est cependant une rivière grande et rapide, car elle a 200 à 250 mètres de largeur et environ 8 à 10 mètres de profondeur, elle coule avec une vitesse uniforme d'environ cinq nœuds à l'heure, sans lac, sans coupure intermédiaire qui puisse ralentir sa rapidité, que néanmoins l'action de ses eaux pour transporter des cailloux est si petite, qu'après un examen attentif, nous n'avons trouvé aucun caillou

de basalte dans le lit de la rivière à une distance plus grande que 10 milles au-dessous du point où la rivière coule sur les débris des roches basaltiques qui forment son lit ; des fragments de variétés de basalte cellulaire ont été transportés deux ou trois fois plus loin.

Les cailloux roulés dans la Patagonie centrale et méridionale n'ont point été transportés par l'action des glaces flottantes, comme cela paraît avoir eu lieu sur une très-grande étendue au sud et dans l'hémisphère nord. Cette opinion résulte de l'absence de tout fragment angulaire dans le gravier et du contraste que présente les caractères de cette formation avec ceux du dépôt erratique.

En considérant la disposition des graviers sur les plates-formes, on ne peut douter qu'ils aient été répandus et nivelés par l'action longue et continue de la mer, et probablement pendant que les côtes s'élevaient lentement ; la forme arrondie et le poli de ses innombrables cailloux suffirait pour faire admettre une action prolongée pendant un temps considérable ; cette masse de débris a été ainsi peu à peu nivelée à mesure qu'elle était entraînée vers les rivages pendant le soulèvement continu du sol. Les observations suivantes montrent combien la mer a une action puissante sur la distribution des cailloux ; nous avons déjà fait remarquer l'uniformité parfaite avec laquelle les cailloux se disposent par ordre de grandeur suivant la distance de la côte et la profondeur des eaux. M. Darwin a suivi

avec soin le décroissement de volume des cailloux depuis la Patagonie jusqu'aux îles Falkland; il a vu les fragments de porphyre diminuer graduellement en volume et en quantité, et les fragments de quartz blanc, qui forment le sol des Malouines, augmenter en sens inverse; dans cette série de sondes on ne trouva que très-rarement des restes organisés. Des résultats de ce genre avaient déjà été obtenus par Martin While (*soundings in the Channel*) et par le capitaine Beechey (*Voyage to the Pacific*, ch. XVIII). Une série d'expériences a montré de la manière la plus absolue que le mouvement des vagues pouvait, dans les canaux, modifier la distribution des matières au fond de la mer; ainsi dans le Canal Britannique l'action des tempêtes est sensible jusqu'à une profondeur de 63 à 67 brasses, et à 30 brasses des débris de coquilles et des cailloux roulés sont souvent déposés après avoir été transportés d'une distance considérable; la houle causée par les tempêtes du large semble avoir une action puissante sur ces fonds.

Mais il nous paraît que cette action considérable dans les canaux, sur les plages, sur les bas-fonds, est, en général, très-peu sensible dans les mers profondes. Aussi on retire souvent de fonds considérables des pierres entourées de rameaux de corail de la délicatesse la plus parfaite, et qui, sans aucun doute, auraient été brisés, si les cailloux sur lesquels ils sont fixés avaient été transportés ou roulés sur le fond par les vagues.

La mer agit d'une manière différente et bien con-

nue sur les rivages. Les vagues qui viennent frapper les côtes y distribuent, suivant certaines lois, les cailloux roulés qu'elles soulèvent. M. Palmer (*Philosophical transactions*, 1834, p. 576) a montré dans un excellent mémoire que des masses considérables de graviers se déplaçaient le long des côtes, suivant la direction des vagues qui se brisent sur la côte, direction qui est déterminée par la résultante des vents dominants. Cette action explique parfaitement le mélange de débris de différentes origines et le transport des cailloux roulés sur le rivage ; mélange qui est souvent différent dans les vallées qui ne sont pas ouvertes au même vent, bien qu'elles soient sur la même côte.

M. Darwin a fait observer avec une grande justesse, un grand esprit d'observation, que la formation de dépôts de graviers sur les terrains tertiaires étaient très-communes dans toutes les parties du monde ; que la mer a essentiellement le pouvoir de disperser et de répandre sur de grandes étendues des masses considérables de graviers ou de cailloux roulés, et que, même dans le cas de la Patagonie, il n'est pas nécessaire de faire intervenir une débâcle.

M. Darwin admet qu'antérieurement à tout soulèvement de la côte il s'est formé aux pieds des Cordillères d'immenses accumulations de cailloux roulés, et que ces masses détritiques nivelées par les eaux ont été peu à peu relevées au-dessus du niveau de la mer, puis que pendant un intervalle de repos l'action des vagues a formé des falaises sur ce nouveau ri-

vage, y a creusé des anfractuosités en répandant sur la côte les débris arrachés aux escarpements; la côte, relevée à son tour pendant une seconde période de soulèvement, a été elle-même attaquée par les vagues aussitôt que le mouvement de soulèvement a été interrompu, et de nouvelles couches de graviers se sont formées à ses pieds jusqu'à ce qu'elles aient été relevées à leur tour, et aujourd'hui les derniers dépôts soulevés sont minés par les vagues, forment des côtes abruptes aux pieds desquelles on trouve des couches de cailloux toutes semblables à celles que recouvrent les plaines mises à sec, il est évident que les couches des plateaux inférieurs doivent être de plus en plus minces. Quelles que soient les causes qui ont concouru à la formation de ce dépôt, son étendue, sa puissance, sa position, son âge récent et la nature des roches qui le composent sont dignes de fixer l'attention des géologues.

Coup d'œil général sur la géologie de l'Amérique méridionale.

Nous avons vu les terrains de granite, de gneiss, de micaschiste s'étendre le long de la côte ouest de l'Amérique depuis le cap Horn jusqu'à Conception et Valparaiso, et on sait qu'ils s'étendent au nord jusqu'à Copiapo. Ces terrains sont traversés par un grand nombre de filons, de dikes, d'épanchements de roches porphyriques, basaltiques et de conglomérats de roches agrégées par des ciments volcaniques. Il y a sur toute cette côte des éruptions et

des épanchements sous-marins très-considérables, séparés çà et là par des couches de limons argileux profondément métamorphisés.

Au-dessus de ces formations volcaniques on trouve sur cette côte une formation que l'on a appelée gypseuse, à cause de la nature minéralogique de ses couches, et qui atteint une épaisseur considérable à Copiapo, de 3,000 à 4,000 mètres. Dans la couche le plus ancienne de ce terrain on trouve des coquilles fossiles qui annoncent que ces mers étaient habitées par des mollusques très-communs en individus, mais appartenant à un petit nombre d'espèces. On les retrouve dans diverses couches de la série à la Puente-del-Jnca, dans la chaîne de Peuquenes et à Copiapo.

Ces mollusques fossiles, d'après les paléontologistes, appartiendraient, ceux de la Cordillère du Chili, à la période crétacée, ceux qui sont au nord du Chili, à la période oolitique. M. Darwin pense que ces formations sont contemporaines, et il les appelle calcaréo-oolithiques.

Elles se composent de couches de calcaire marneux, noirâtre, de grès siliceux, de marnes à teintes variant du rouge au blanc, de conglomérats grossiers, de calcaire, de tufs, de marnes, de roches à grains fins, semblables à des phonolites cellulaires, d'immenses couches de gypses et de beaucoup d'autres variétés de ces roches, passant les unes aux autres et se remplaçant à de très-petites distances. On ne peut mieux en donner une idée qu'en supposant que dans un fond de mer, déchiré par de nombreuses

bouches volcaniques, quelques-unes vomissant de temps en temps des porphyres ou des basaltes; d'autres à l'état de solfatares, rejetant des masses considérables d'acides sulfureux et sulfuriques, il s'est formé des dépôts de sédiments, des roches calcaires qui auront été transformées ça et là en gypse, des roches arénacées métamorphisées sur un point et plus loin dans leur état naturel. Ces circonstances de dépôt peuvent seules expliquer les transformations et les modifications fréquentes de ces couches.

Les roches métamorphiques du détroit de Magellan appartiennent aussi au terrain crétacé et se sont formées dans des circonstances semblables. Ces formations gypseuses et calcaires s'étendent, comme les roches granitiques et porphyroïdes, sur lesquelles elles reposent, sur une étendue considérable. M. Darwin pense que pendant que ces dépôts se formaient dans la mer, le fond a subi des affaissements qui ont permis à de nouvelles couches de se déposer à leur surface. Cette opinion a été suggérée à cet habile géologue par la présence dans ces couches de divers dépôts littoraux ou de bas-fonds dont l'origine ne peut s'expliquer que par cette hypothèse. La structure amygdalaire des porphyres qui ont été injectés ou épanchés entre ces roches, semble confirmer cette opinion. La découverte d'un grand nombre de troncs de fougères arborescentes silicifiées, à Los Hornos, à Coquimbo et à Copiapo, indique qu'à cette époque il existait des terres dans le voisinage, qui, d'après la nature des conglomérats et

des autres roches de transport appartiennent au granite, aux micaschistes et aux porphyres dioritiques.

Dans le Chili, après le dépôt de la grande formation gypseuse et son soulèvement, qui a produit les chaînes de Cumbre, une immense quantité de tuffs et de laves sous-marines se sont accumulés dans les lieux où s'élève aujourd'hui la chaîne d'Espallata. D'autre part, après le dépôt et le soulèvement des gypses de la chaîne de Peuquenes, de grandes masses de conglomérats se sont accumulées dans la vallée de Temyan. Les terres ont subi un abaissement de plusieurs centaines de pieds, abaissement attesté par la présence de troncs fossilifiés dans leur position verticale, et par la présence de conglomérats qui par leur nature annoncent qu'ils ont été formés sous les eaux. Il y a eu à cette époque plusieurs oscillations violentes qui ont relevé ou abaissé les terres à divers niveaux, autant qu'on peut le reconnaître par la disposition des couches de sédiment.

A l'époque où se sont déposéees les premières couches de terrains tertiaires, terrains guaraniens de M. d'Orbigny, le continent américain avait à peu près le niveau qu'il a aujourd'hui, mais bientôt il y eut, d'après l'auteur que nous venons de citer, un nouvel affaissement suivi d'une dernière élévation du sol qui a donné à l'Amérique le relief qu'elle a aujourd'hui.

En étudiant les formations primaire et gypseuse de la côte du Chili, on voit jusqu'à la dernière évidence qu'il existait à l'époque où se sont formés les

plus anciens dépôts de sédiment une ligne de volcans en activité, car ces formations sont non-seulement traversées par des dikes et des filons de roches volcaniques; mais on trouve entre leurs couches des épanchements considérables de porphyres et de roches basaltiques et des conglomérats de roches ignées, qui sont une preuve absolue de l'existence de terres qui étaient le théâtre de l'action volcanique. On doit donc admettre que dans cette partie de l'Amérique, et sur cette même côte, dans une direction semblable, il a existé dès le commencement une ligue de volcans ou des bouches d'épanchement de roches ignées au milieu desquelles se sont formés les dépôts sédimentaires que nous avons signalés. Les grandes sommités des Cordillères sont sans doute plus modernes, car les pics les plus élevés appartiennent à des volcans modernes, et d'autres, le Tupungato, le Maypu, l'Acoucagua, qui a près de 8,000 mètres au-dessus du niveau de la mer, sont d'anciens orifices d'éruption.

Les sommités secondaires sont généralement formées par le soulèvement de couches de porphyres ou de couches de gypse qui ont pris une position presque verticale.

Outre ces soulèvements, qui pourraient être postérieurs aux terrains crétacés, mais antérieurs aux terrains les plus modernes, nous avons des preuves certaines d'un soulèvement en masse. Ainsi nous trouvons toutes les plaines, toutes les vallées qui s'étendent du pied des Cordillères jusqu'aux bords

de l'Océan, recouvertes par un dépôt stratifié de graviers, qui s'élèvent doucement des bords de la mer, où ces couches contiennent à l'état fossile les coquilles qui vivent sur les bords de la mer jusqu'aux pieds des grandes chaînes. Ces dépôts se sont évidemment formés sous les eaux de la mer, et il est incontestable qu'un soulèvement lent, dont l'énergie a été probablement plus considérable dans la chaîne des Cordillères que sur les rivages, a porté la côte tout entière à une hauteur qui varie peu entre 2,500 mètres et 3,000 mètres. La distinction de ces deux espèces de soulèvement, l'une par la rupture et le relèvement des strates solidifiées, l'autre par une élévation lente et générale des terres, mérite de fixer l'attention des géologues.

Les soulèvements produits dans l'Amérique méridionale par la rupture des couches sont en général dirigés du nord au sud, sont parallèles les uns aux autres, n'ont point une étendue aussi considérable qu'on l'a cru jusqu'à ce jour, et les lignes latérales de soulèvement présentent souvent des lignes qui coupent à angles aigus la direction générale. L'andésite, qui forme l'axe principal de l'immense chaîne des Cordillères, et que l'on retrouve du Pérou au détroit de Magellan, est certainement la dernière roche éruptive ; elle est partout en rapport avec les laves modernes, et c'est à son injection que l'on doit rapporter le métamorphisme des gypses et des conglomérats qu'elle traverse. Il serait très-difficile d'indiquer l'âge relatif des diverses lignes de montagnes

que forment les Cordillères proprement dites; mais il semble que les chaînes de l'ouest sont en général les plus modernes.

Lorsque les terrains tertiaires se sont formés sur les côtes est et ouest de l'Amérique méridionale, il existait aussi une première chaîne qui séparait les bassins tertiaires des deux versants, bassins tertiaires dans lesquels s'accumulaient, à la même époque, les dépôts sédimentaires contemporains et dans lesquels nous trouvons des coquilles fossiles d'espèces complétement différentes dans les deux mers, comme cela a lieu aujourd'hui sur ces deux côtes. Ces bassins étaient donc isolés depuis cette époque. M. d'Orbigny a divisé ces terrains tertiaires en deux groupes, les tertiaires guaraniens et les tertiaires patagoniens. Suivant cet habile géologue, immédiatement après le soulèvement des terrains crétacés par l'intrusion des porphyres, a commencé la formation guaranienne qui s'est déposée sur un très-grand nombre de points et dans des bassins géologiques très-différents; aussi ces couches présentent des différences considérables sous le rapport de leur composition; dans les petits bassins gneissiques de Chiquitos, il est formé de conglomérats ferrugineux qui présentent un lit horizontal; à Moxos, on trouve des couches qui paraissent être semblables aux couches inférieures du terrain guaranien, qu'on peut étudier dans son ensemble à Corrientes, où il atteint une grande puissance.

M. d'Orbigny considère ce tertiaire guaranien

comme un dépôt de transition d'époque et croit qu'il a été produit par les déblais provenant du soulèvement des Cordillères, déblais qui auraient été entraînés par les eaux dans des bassins de diverses hauteurs où ils forment des couches horizontales peu ou mal stratifiées, dans lesquelles on ne trouve pas de fossiles. Cette formation serait due par conséquent aux particules terreuses entraînées par les courants d'eaux immédiatement après le soulèvement des terrains crétacés oolitiques.

Le tertiaire guaranien ne serait point un dépôt marin formé paisiblement au fond des mers, mais le produit des alluvions qui aurait eu lieu après le soulèvement des roches crétacées et qui aurait nivelé les inégalités du sol, ce terrain exondé peu de temps après sa formation, n'a pu en conséquence posséder des débris postérieurs à ceux des terrains crétacés; il a été le passage aux terrains tertiaires qui ont commencé à se former aussitôt que les êtres organisés se sont répandus sur ces nouvelles terres et dans les mers, ou plutôt sur les côtes nouvellement formées.

La formation tertiaire patagonienne qui s'étend du détroit de Magellan à la province d'Entres Rios, se montre sur un grand nombre de points du littoral du Grand Océan, parallèlement à la Cordillère; on le trouve à Payta (Pérou), à la Mocha, à Chiloé, sur l'île de Quiriquina, près de Talcahuano et aux environs de Coquimbo, entre le 10° et le 40° de lat. sud.

Les terrains tertiaires patagoniens se seraient donc

déposés simultanément dans des mers distinctes des deux côtés du premier relief du système chilien. Nous disons qu'ils se sont formés dans des mers distinctes parce que leurs faunes présentent des différences, comme la composition de leurs roches dans chaque bassin. A l'est des Cordillères, et au nord, le tertiaire patagonien se compose de grès rougeâtres formés de grains quartzeux très-fins alternant avec des argiles gypseuses et recouverts de grès quartzeux blanchâtres; au sud, de grès verdâtres, d'argiles gypseuses, puis de grès azurés formés de détritus de vieux porphyres; à l'ouest des Cordillères, il se compose à Quiriquina de grès durs, verdâtres, micacés et de grès jaunâtres; à Coquimbo, de grès grossier très-dur, de couleur grise, composé de gros grains de quartz agglutiné par un ciment calcaire; il présente à l'ouest du mica qui provient sans doute des roches granitiques; on n'en voit point à l'est; il renferme sur les deux versants de nombreux fossiles d'espèces perdues et qui sont différentes pour les deux versants; les genres eux-mêmes sont fort distincts[1]; M. d'Orbigny en conclut, avec juste raison, qu'il y avait à cette époque deux mers tertiaires sur les deux versants du premier relief des Cordillères, et que ces mers ne communiquaient point entre elles; il a donné un tableau comparatif des mollusques de ces dépôts qui est très-curieux.

D'après M. d'Orbigny les faunes du terrain tertiaire patagonien ne présentent que des espèces dont les

[1] D'Orbigny, Géologie, p. 248

analogues n'existent plus dans les mers actuelles. Le savant que nous venons de citer pense que ces terrains sont tous antérieurs à notre époque et correspondent au terrain tertiaire de l'Europe sans qu'on puisse les comparer aux étages admis dans notre continent; la grande puissance des terrains patagoniens, l'alternance régulière de leurs nombreuses couches, la succession des fossiles qui s'y remplacent des parties inférieures aux parties supérieures dans de certaines localités, attestent que la mer tertiaire est restée sans changement jusqu'à l'instant où ces terrains ont été élevés au-dessus des eaux comme ils le sont aujourd'hui.

Mais d'après les observations que nous avons données sur la formation et le relèvement des terrains tertiaires, on comprendra très-bien que la plus grande partie des couches qui se sont relevées peu à peu ne sauraient contenir une grande quantité de coquilles fossiles, où des bancs continus, et que les dépôts considérables que l'on a rencontrés dans quelques parties de l'Amérique se sont formés dans des circonstances différentes, soit que le mouvement ascensionnel du sol n'eût pas lieu sur ces points, soit qu'il existât au contraire un mouvement en sens inverse.

Nous ferons remarquer ici combien est différente l'opinion de M. Darwin que nous avons développée et d'après laquelle on doit considérer le tertiaire patagonien comme un dépôt probablement assez moderne, en partie remanié et dans lequel on rencontre à la

fois et des débris de mammifères éteints et des débris de coquilles qui sont quelques-unes identiques, la plupart analogues à celles de l'époque actuelle.

La formation pampéenne occupe le fond du bassin des Pampas, où elle présente une surface d'au moins 23,750 lieues carrées, en s'élevant graduellement depuis l'Océan, vers le nord et l'ouest, jusqu'à une centaine de mètres au-dessus.

On trouve des dépôts de cette formation dans la province de Chiquitos, non loin de San José, dans un grand nombre de points de la province de Moxos. Cette formation ne se montre pas seulement dans les plaines basses, mais encore il forme des petits bassins à Cochabamba, à 2,575 mètres, et sur le plateau bolivien, à 4,000 mètres. On le trouverait probablement à tous les niveaux depuis l'Océan jusque sur les Andes.

Le terrain pampéen est formé dans les Pampas (entre le rio de la Plata et le rio Colorado) d'une seule couche limoneuse rougeâtre, d'une grande puissance; sans stratification bien marquée à Chiquitos et à Moxos, il est à peu près identique et mélangé à de l'argile sur les bords du rio Piray; les plateaux élevés présentent une composition analogue à celle des Pampas; il ne renferme que des ossements de mammifères. M. Clausen annonce qu'il y a le plus souvent un seul lit de ces matières limoneuses contenant des mammifères de races éteintes, et d'autres fois plusieurs lits au-dessus de celui-ci. Dans d'autres lieux, on a assimilé à cette couche la partie infé-

rieure des ossements des mammifères qui ont rempli les cavernes à Tanja, à Santa Elena (Colombie), à Quito.

L'action et le voisinage des volcans se sont fait sentir pendant le dépôt des formations tertiaires ; elles présentent, comme les formations gypseuses de l'époque crétacée, des couches intercalées de cendres de conglomérats volcaniques, de couches de gypses, et enfin des épanchements et des dykes considérables de laves et de roches basaltiques.

Avant le dépôt de cette formation argileuse, pendant son dépôt, et jusqu'à notre époque, on rencontre des terres argileuses présentant les mêmes caractères minéralogiques et renfermant des fossiles de mammifères : preuve évidente que sous l'influence des mêmes causes il se forme des dépôts semblables pendant un espace considérable. Le dépôt des limons des Pampas a sans doute été contemporain de l'élévation générale du sol, de telle sorte que les lits du mont Hermoso se sont formés après le soulèvement de ceux du mont Ventana et celui de Punte-Alta, après la mise à sec des couches d'Hermoso. Les mammifères que l'on rencontre dans ces formations diffèrent autant de ceux qui habitent aujourd'hui l'Amérique, que les mammifères des terrains éocènes en Europe diffèrent de ceux qui habitent de nos jours ces contrées. Mais ce qui est incontestable, c'est qu'un grand nombre d'entre eux vivaient à la même époque qu'un certain nombre de mollusques qui vivent encore communément sur ces côtes.

Ainsi les anciennes formations tertiaires du Chili et de la Patagonie ont commencé à se former pendant un affaissement du sol d'un certain nombre de brasses au-dessous de son niveau actuel, et plus tard pendant l'élévation lente et continue du sol jusqu'à une hauteur de 200 à 300 mètres. Nous avons vu la preuve de cet exhaussement des terres sur une étendue de plus de 400 lieues, à une hauteur de 33 mètres à la Plata, de 130 mètres dans la Patagonie; et que ce mouvement d'élévation, interrompu à sept ou huit époques, avait formé les terrasses couvertes de graviers qui s'étendent à la même hauteur sur des étendues de plus de 100 lieues.

Un soulèvement analogue a eu lieu sur la côte ouest de l'Amérique; on trouve des coquilles modernes relevées à une hauteur variable sur une étendue de 800 lieues; mais ce soulèvement n'a pas été aussi uniforme sur l'océan Pacifique : à Valparaiso, les coquilles sont à 100 mètres au-dessus de la mer; à Coquimbo, à 80 mètres; à Lima, à 30 mètres. Ces deux espèces de mouvement sont attestés par les phénomènes actuels, car ces côtes ont subi des oscillations considérables dans les temps historiques, et on sait que le sol a été soulevé et d'une manière continue et par les trépidations des tremblements de terre; l'élévation du sol est évidente sur les deux côtes sur un espace de 260 lieues, et plus au sud on voit, par les dépôts de coquilles et de graviers, par la forme des vallées, que le continent tout entier a été soulevé d'une manière continue et régulière à

l'époque de la formation des terrains tertiaires patagoniens, mouvement qui n'a été interrompu ou diminué qu'à sept ou huit intervalles, pendant lesquels la mer a profondément fouillé les rivages.

Les couches de graviers entraînés par les eaux alluviales ont été répandues et nivelées sur ces plateaux par l'action des vagues.

Dans la partie méridionale du continent, la formation erratique a été produite pendant le soulèvement lent du sol par l'action des glaciers et des glaces flottantes, comme nous le montrerons dans les chapitres suivants.

Google

CHAPITRE VI.

Des glaciers de l'Amérique méridionale et de leur immense extension.

Les glaciers des terres magellaniques présentent un très-grand intérêt à trois points de vue : 1° sous le rapport de leur développement considérable dans un pays où les températures moyennes sont assez élevées ; 2° sous le rapport de la coexistence de faunes et de flores qui appartiennent à des climats plus doux que ceux que sembleraient indiquer des glaciers aussi étendus ; 3° enfin sous le rapport de la formation du dépôt erratique.

Le fait le plus remarquable et qui domine toute la question est l'étendue considérable des glaciers dans toute cette partie de l'Amérique ; un grand nombre d'entre eux descendent pendant toute l'année jusqu'au niveau de la mer. La grande chaîne de montagnes qui s'étend des Cordillères au cap Horn, ou plutôt jusqu'au mont Darwin, est couverte des glaciers les plus considérables que l'on rencontre sur

ces terres. Il existe encore des glaciers dans la chaîne granitique de l'ouest, mais ils sont loin d'avoir le développement immense que présentent ceux qui appartiennent à la chaîne centrale.

Dans la Terre-de-Feu, les glaciers qui descendent du mont Darwin, du Sarmiento, ont surtout fixé l'attention des voyageurs.

Lorsqu'on traverse les détroits qui bornent la Terre-de-Feu au sud, on est frappé d'admiration en présence de ces montagnes dont les sommets les plus élevés atteignent les hauteurs énormes de 2,130 mètres et de 2,073 mètres au-dessus du niveau de la mer. La hauteur moyenne de la chaîne qui s'étend du nord-ouest au sud-est est de 1,000 à 1,200 mètres. Ces montagnes sont couvertes de neige à leur partie supérieure, et leur partie inférieure est cachée par de sombres forêts, au travers desquelles des cascades écumantes versent les eaux qui proviennent de la fonte des neige. Dans les parties qui correspondent aux vallées, aux dépressions que présentent ces montagnes, d'immenses glaciers descendent jusqu'à la mer et viennent y verser des masses énormes de glace et des blocs de granite ou d'autres roches cristallines détachés des sommets de la chaîne. Ces magnifiques glaciers se distinguent par leur couleur bleue des neiges perpétuelles indiquées par une teinte blanc mat, descendent des vallées ou des cirques supérieurs jusqu'à la mer où ils viennent plonger, en présentant les mille accidents des glaciers. Çà et là on voit s'échapper des torrents d'eau glacée qui brillent

au milieu des forêts sombres qui couvrent les parties inférieures de ces montagnes.

Les bras de mer, dans lesquels nous voyons ces glaciers se terminer, présentaient un grand nombre de glaces flottantes et ressemblaient à de petites mers polaires. Malheur aux curieux qui s'aventureraient trop près de ces glaciers, les masses qui s'en échappent peuvent les engloutir, briser leurs embarcations et les jeter sans ressources sur ces terres inhospitalières. M. Darwin a observé dans une partie du détroit qui porte son nom, d'anciennes moraines sur lesquelles se sont établis quelques arbres rabougris ; ces moraines annonçaient qu'autrefois ces glaciers ont eu une extension plus considérable que celle qu'ils ont aujourd'hui. Les côtes du canal Saint-Gabriel, les montagnes élevées des îles Dawson, la chaîne des montagnes au nord-ouest du golfe de l'Amirauté, sont couvertes d'immenses glaciers qui descendent jusqu'au niveau de la mer.

Dans la presqu'île de Brunswick, les montagnes qui courent du nord-ouest au sud-est présentent des glaciers moins importants que ceux que nous venons d'indiquer ; ils descendent encore jusqu'au niveau de la mer dans le fond du port Galant, par exemple.

MM. Dumoulin et Hombron, qui ont visité ces glaciers, en ont donné une description dans les notes de la partie historique du voyage, 1er volume.

Il existe aussi un très-grand nombre de glaciers sur les montagnes de l'île Clarence, de la terre de la

Désolation, sur les roches escarpées de l'archipel Adélaïde et près de Whale-Sound, sur la terre de Marlborough.

La ligne des neiges perpétuelles, cette limite qui sépare les neiges indiquées par une couleur blanc mat, des glaciers qui ont toujours une teinte plus ou moins azurée, a, comme tout le monde le sait, une hauteur qui varie très-peu d'année en année, tandis que les glaciers présentent des différences plus considérables, suivant la chaleur des étés.

La ligne des neiges perpétuelles est, comme on peut s'y attendre, extrêmement basse dans la Terre-de-Feu, et elle atteint 1,000 à 1,200 mètres environ au-dessus du niveau de la mer.

Il est curieux de suivre l'abaissement de la ligne des neiges perpétuelles sur cette immense chaîne des Cordillères, de l'équateur au détroit de Magellan, et de voir si la différence se trouve en rapport avec la latitude, ou croît suivant des lois différentes.

Sous l'équateur, d'après M. de Humboldt, la ligne moyenne des neiges perpétuelles est à 4,802 mètres, lat. O.

A Bolivia, lat. 16°—18° S., 5,185 mètres, d'après Pentland.

Dans le Chili, lat. 33° S., 4,508 mètres, d'après Gillies.

A Chiloé, lat. 41°—43°, 1,830 mètres, d'après les officiers du *Beagle*.

Terre-de-Feu, 54° lat. S., 1,067 mètres.

Il est extrêmement remarquable de voir quelle

différence présentent dans leur limite les neiges perpétuelles, au 33° de lat. S. et à Chiloé au 41°—43°, à une distance de 10° en latitude; elle atteint 2,678 mètres; au delà de ces deux points, des différences en latitude beaucoup plus considérables donnent des variations qui n'atteignent pas 1,000 mètres.

Le fait le plus important que nous présente l'histoire des glaciers dans l'Amérique méridionale est leur extension considérable, depuis le 46° de latitude nord jusqu'au cap Horn, les glaciers importants descendent jusqu'au niveau de la mer; les grandes vallées qui descendent des Cordillères sont, sur cette côte, presque constamment remplies de glaciers qui descendent vers l'Océan.

Dans le détroit de Eyres, à la latitude de Paris, il y a d'immenses glaciers, bien que les montagnes sur lesquelles ils sont fixés ne dépassent pas en général 1,900 mètres. Dans ce canal, on a vu à la fois cinquante glaciers flottants, et l'un d'eux avait jusqu'à 51 mètres de hauteur au-dessus des eaux. Plusieurs de ces glaciers étaient chargés de blocs assez considérables de granite et d'autres roches fort différentes de celles de la base de la montagne, qui était formée de micachistes.

Le glacier du golfe de Penas, que nous venons de citer, a, d'après M. Darwin, 5 lieues de longueur, dans une partie de son cours, un peu plus de 2 lieues de largeur, et s'étend jusqu'au bord de la mer. A quelques milles plus au nord de ce glacier dans la lagune de Saint-Raphaël, des missiounaires espa-

gnols (1) ont rencontré des glaciers d'assez grande étendue dans un bras de mer fort resserré, le 22 du mois qui correspond en Europe au mois de juin, et sous une latitude qui correspond à celle du lac de Genève.

D'après M. de Buch, les glaciers sur les côtes de la Suède n'atteignent le niveau de la mer que sous la latitude nord 67°. Si nous prenons la lagune de Saint-Raphaël pour le point le plus rapproché de l'équateur où on trouve des glaciers au niveau des eaux, à la latitude de 46° environ, nous trouverons une différence en latitude de 21° (525 lieues géographiques).

Notons ici que dans l'Amérique méridionale, sur les îles et sur les rivages, les glaciers ont un développement énorme. Notons encore que d'après les observations que M. Gillies a faites dans le Chili, la ligne des neiges perpétuelles est plus élevée sur le versant occidental que sur le versant oriental.

M. Darwin a fait observer que les glaciers du golfe de Penas se trouvaient à 7° 1/2 de latitude d'une baie où trois espèces d'olives, une volute et une vis sont les coquilles les plus communes à moins de 9° des lieux où croissent les palmiers, à 4° 1/2 des pays parcourus par les Pumas et les Jaguars, à moins de 2° 1/2 des pays dans lesquels il existe des graminées arborescentes (et comparant ce point aux terres de l'ouest dans le même hémisphère), à moins de 2° des orchidées parasites, et seulement à un seul

[1] Agueros, Histoire de Chiloé, p. 227.

degré des lieux où l'on rencontre des fougères arborescentes.

Remarquons avec soin le contraste étonnant avec ce que nous voyons en Europe; combien peu les théories que nous pouvons établir d'après les faits que nous observons sur notre continent, sont susceptibles de généralisation, et quelle utilité doit ressortir de l'étude comparative des phénomènes dans les deux hémisphères.

Les glaciers ne sont donc point, en effet, en rapport constant avec les latitudes, et si nous cherchions la température moyenne des côtes de l'Amérique méridionale, nous la trouverions cependant assez élevée; nous verrions surtout que la différence entre la moyenne du mois le plus chaud et le plus froid est extrêmement petite, et que cet immense développement des glaciers dans cette partie du monde tient tout d'abord à sa position insulaire, condition très-favorable pour saturer l'atmosphère de vapeur d'eau; 2° à la présence d'un courant qui suit cette partie de la côte et qui vient des régions polaires, les cartes hydrographiques indiquent un courant d'eau froide qui suit la côte de la Terre-de-Feu jusqu'à la latitude sud de 38°; 3° à la présence des vents variables, des vents qui s'abaissent des régions équatoriales sur les sommités des Cordillères chiliennes, et qui viennent y déposer une immense quantité de neige; 4° à l'état nébuleux de l'atmosphère. Nous avons dans ces climats des hivers très-doux, des étés extrêmement frais et des glaciers considérables, car les tempéra-

tures qui oscillent autour de 0° sont, comme nous le montrerons, éminemment propres au développement des glaciers.

Les glaciers qui descendent ainsi jusqu'au niveau de la mer dans les baies étroites du Chili, présentent souvent au-dessus du niveau de la mer un mur perpendiculaire, comme dans les mers du Nord. Le détroit de Iceberg ou détroit des Glaciers, ainsi nommé du nombre considérable de glaces flottantes qu'on y a rencontrées, glaciers qui présentaient fréquemment des blocs ou des fragments de roches, se trouve précisément à la même latitude que Santa-Cruz, où l'on trouve aussi des blocs erratiques.

L'étude des glaciers et des terrains erratiques dans cette partie de l'Amérique présente, à notre avis, un grand intérêt; le problème me paraît ici beaucoup plus simple que dans l'Europe, parce qu'il est plus facile à limiter et que l'on trouve une série de passages des phénomènes anciens aux phénomènes actuels.

Nous voyons ainsi que, dans l'Amérique méridionale, depuis le 46° lat. S., les glaciers ont une étendue et une puissance énormes, qu'ils descendent là jusqu'au niveau de la mer; ils présentent dans cette partie du monde tous les phénomènes que nous avons indiqués dans notre étude générale des glaciers polaires. Les mers de neige ou les névés sont extrêmement bas, et sur le cap Horn les neiges, même pendant l'été, descendent jusqu'à la mer.

Sous l'influence des glaciers actuels, il se forme

dans les parties inférieures des vallées des moraines considérables ; un grand nombre de blocs erratiques sont abandonnés sur les flancs des montagnes, les roches sont polies et striées, tels sont les phénomènes produits par les glaciers qui ne descendent point jusqu'au niveau de la mer. Pour ceux-ci, ils jettent à la mer des masses considérables de glaces qui transportent au loin des blocs parfaitement anguleux provenant des moraines latérales et médianes, des cailloux striés et des roches plus ou moins polies qu'ils arrachent aux parois des vallées dans lesquelles ils se meuvent ; les glaces qui se forment auprès des terres pendant l'hiver transportent à la fois des débris de terres arrachées à la plage, des cailloux roulés ou des masses de roches plus ou moins usées. Ces blocs, en allant échouer sur des rivages éloignés ou sur des bas-fonds, soulèvent des masses de boue, de vase ou de terres argileuses qui composent les fonds sur lesquels ils vont se déposer ; dans les lieux où les phénomènes se passeront ainsi, il est évident que la stratification sera nulle ou incomplète ; dans les lieux, au contraire, où les eaux seront profondes, où les débris transportés tomberont au fond sans que les glaces échouent, nous pourrons, au contraire, avoir une véritable stratification.

Les dépôts erratiques formés par les glaciers eux-mêmes sur le sol qu'ils envahissent et qu'ils abandonnent plus tard, ne sont point semblables à ceux qui sont formés sous les eaux.

Les moraines présentent en général un certain

ordre; quant à la nature minéralogique des roches, souvent une même moraine présente des fragments de roches appartenant à une même espèce géologique, tandis que la moraine située de l'autre côté du glacier appartient à une espèce différente. Les moraines latérales ne présentent pas en général des blocs arrondis ou striés; ils sont généralement à cassure fraîche. Les moraines terminales présentent un mélange de blocs anguleux et de cailloux striés, mais dans un certain ordre, en arc de cercle concentrique par exemple, caractère que l'on reconnaît presque toujours, lors même que des torrents se sont fait jour à travers ces grandes demi-lunes de débris.

Dans les moraines formées par les glaciers, on ne rencontre point de débris organiques, et on le comprend sans peine; mais en est-il ainsi dans les dépôts qui se forment par les glaces flottantes. Nous avons examiné ce fait si remarquable que les restes organiques sont très-rares, très-peu nombreux dans les dépôts marins erratiques dans lesquels on les a trouvés, et que dans beaucoup de formations que l'on doit rapporter à la même origine, on n'en trouve aucune trace; ainsi, dans les dépôts erratiques de la Russie, de la Prusse, de la Finlande, on n'a point trouvé de fossiles, on n'a trouvé aucune trace de débris organiques, excepté dans des couches très-modernes.

Ce caractère, qui paraît très-favorable à l'opinion de l'immense extension des glaciers jusque dans les

plaines, à cent lieues des montagnes sur lesquelles ils existent encore aujourd'hui, n'a pas cependant l'importance qu'on lui a attribuée, car, en Patagonie, les glaciers n'ont pas pris immédiatement un immense développement, pas plus qu'ils ne se sont subitement retirés au sommet des montagnes; ces modifications n'ont pu s'opérer qu'au moyen d'une longue série d'années. Il y a eu très-probablement des variations, des intermittences dans leurs progrès et dans leurs reculs. La vie organique a dû suivre pied à pied ces modifications, et *à priori* on peut dire que l'absence totale de débris organiques dans toutes les moraines terminales est un phénomène inexplicable. Les glaciers de la Suisse ont subi, dans l'époque historique, des oscillations bien connues; tel bois a été recouvert par une moraine sur laquelle une forêt nouvelle s'établit aujourd'hui pour être ensevelie à son tour dans le siècle prochain.

Quant à l'absence des débris organisés dans les dépôts erratiques formés dans le sein de la mer, elle est aussi difficile à expliquer, soit que vous supposiez des courants d'eau provenant d'oscillations ou du soulèvement des eaux de la mer, soit que vous supposiez une inondation produite par la fonte instantanée des neiges qui recouvrent une chaîne de montagnes.

Il n'est pas possible d'admettre que dans ces deux cas, les courants qui emporteraient des blocs de rochers sans émousser leurs angles, ne transporteraient pas en même temps les corps organisés ma-

rins ou les corps organisés végétaux et animaux terrestres qu'ils rencontreraient partout sur leur passage.

Et cependant, comme nous l'avons déjà dit, on ne trouve presque pas de débris fossiles dans les terrains erratiques stratifiés, excepté cependant dans les terrains les plus modernes dans lesquels on en a reconnu quelques débris. Pour les terrains dont nous nous occupons, les difficultés sont les mêmes dans les deux hypothèses.

Après les détails que nous avons donné sur le détroit, il est de la dernière évidence qu'il se forme dans les baies abritées contre les courants, sur les bas-fonds, près des côtes, un véritable dépôt erratique ; et *à priori*, nous devons admettre nécessairement que dans ces dépôts, s'ils venaient à être relevés de nos jours, on trouverait probablement une grande quantité de mollusques et d'autres animaux fossilifiés.

Dans toutes les baies, sur toutes les côtes un peu abritées, on trouve fixés sur tous les rochers, jusqu'à une profondeur de 20 brasses environ, des fucus qui étalent leur vaste chevelure à la surface des eaux et qui servent de refuge à une multitude de mollusques et de crustacés qui y établissent leur demeure ou y recherchent leurs proies. En pleine mer, on ne trouve pas de fucus, et cependant à une profondeur de 100 à 200 brasses, on trouve encore un petit nombre de mollusques. La basse température des mers dans lesquelles on trouve des glaces flottantes,

ne pourrait non plus être invoquée pour expliquer cette absence de fossiles; car dans les mers du Nord, sous la glace, les espèces de mollusques qu'on rencontre sont aussi communes en individus qu'elles sont peu variées.

On ne peut rendre compte d'une manière satisfaisante de l'absence des débris fossiles dans les dépôts erratiques qu'en admettant à la fois, qu'à l'époque de la formation de ces grandes masses détritiques, le sol sur lequel elles se déposaient était incessamment déchiré par les échouages des glaciers flottants, et, en admettant encore que le sol s'est élevé d'une manière continue pendant tout le temps qu'a duré la formation de ce dépôt, double circonstance qui, ainsi que nous l'avons vu, est éminemment défavorable à la conservation des débris organiques.

Nous venons d'étudier les glaciers et les caractères des dépôts erratiques qui se forment de nos jours; nous avons par conséquent les lumières nécessaires pour rechercher à quelle cause nous devons rapporter la formation des dépôts erratiques du détroit de Magellan; nous devrons reconnaître s'ils appartiennent seulement à des moraines en place ou à des moraines remaniées par les eaux; s'ils sont dus à des cataclysmes qui auraient entraîné des dislocations et des alluvions considérables, ou si enfin ils doivent être rapportés à des dépôts formés par des moraines sur les montagnes et par des glaces flottantes dans les bas-fonds et dans les baies, etc.

Nous trouvons en effet, sur les côtes occidentales

de l'Amérique, des terrains erratiques très-puissants, surtout dans le détroit de Magellan et la Terre-de-Feu ; nous voyons sur les côteaux des accumulations considérables de blocs de roches cristallines qui annoncent que les glaciers des montagnes descendaient jusque dans ces vallées, et qu'en se retirant ils ont laissé en place leurs moraines latérales.

Sur les flancs de la chaîne principale, ce dépôt erratique prend dans cette partie une disposition parfaitement stratifiée, autre part il forme une masse dans laquelle on cherche en vain des traces de stratification ; dans toutes les vallées profondes du détroit qui étaient évidemment sous les eaux pendant que se formait le terrain erratique, nous trouvons des dépôts réguliers de marnes, d'argile, de sable de couleur généralement sombre, au milieu desquels on rencontre des blocs erratiques d'un volume considérable parfaitement bien conservés et des fragments de roches cristallines venant des montagnes de l'est et qui sont les uns arrondis, les autres anguleux.

Ces dépôts que nous avons étudiés avec un grand soin dans l'est du détroit de Magellan, se présentent sur toutes les côtes de l'Amérique méridionale, sur toutes les plaines jusqu'au nord de Chiloé.

Dans l'île de Chiloé, qui fait face aux Cordillères, comme le Jura fait face aux Alpes, on trouve un nombre assez grand de fragments de granite de dimensions énormes qui semblent avoir traversé un bras de mer pour venir se répandre à différentes hauteurs sur cette contrée ; quoiqu'elle soit située entre les

parallèles de 41 à 43 degrés, je ne trouve aucune objection sérieuse à faire à l'hypothèse que ces blocs ont été autrefois transportés par des masses de glace qui s'étaient détachées des glaciers. Nous ne serions point obligé d'admettre que la latitude 40° 40′ a toujours été la limite supérieure de ce phénomène, s'il était prouvé que même aujourd'hui les glaces flottantes ne dépassent pas ce parallèle. Nous avons vu que sous le parallèle de Chiloé, la ligne des neiges perpétuelles avait une élévation d'environ 1,806 mètres, et que sur le mont Blanc, les glaciers descendent à 1,580 pieds au-dessous de la ligne des neiges perpétuelles. Nous devons par conséquent penser que les glaciers des Cordillères, vis-à-vis Chiloé, pourraient descendre aujourd'hui à une très-petite distance du niveau de la mer.

Chacun sait quelle énorme quantité de débris de roches ont été transportés par les glaciers de la Suisse, débris qui, remaniés par les eaux et réduits en fragments très-fins et en poussière, ont été portés à des distances considérables. Qu'on imagine quelle immense quantité de détritus a pu être formée par des glaciers au moins aussi considérables que ceux de la Suisse, sur une chaîne de montagnes extrêmement élevée, et qui s'étend du 46° au 56° de latitude sud, 250 lieues de montagnes couvertes de glaciers qui descendent jusqu'au niveau de la mer. Si nous ajoutons à cette force, qui arrache des blocs aux parois des vallées, qui transporte au loin les débris provenant de l'action atmosphérique, la puissance

des eaux des torrents qui s'échappent de la plupart des glaciers, les mouvements des vagues soulevées par la chute de masses de glace considérables auprès des glaciers; si on veut ajouter encore l'action bien plus puissante des montagnes d'eau qui doivent être soulevées lorsque, pendant les tremblements de terre, des parties considérables des glaciers viennent à se détacher et se précipitent dans la mer en soulevant des masses d'eau assez considérables pour entraîner au loin les blocs de roches les plus volumineux, tant est puissante l'action d'une masse d'eau douée d'une grande vitesse; on aura évidemment des forces suffisantes pour expliquer les faits observés.

Ces phénomènes se sont produits plus d'une fois. Byron a rencontré avec surprise des quantités considérables de coquilles marines qu'il avait trouvées à diverses hauteurs sur les montagnes, et qu'il avait considérées comme une preuve de l'élévation récente du sol. Nous savons combien la côte du Chili a été agitée par des tremblements de terre, qui ont eu une action assez violente pour produire des affaissements considérables du sol, la chute de quartiers de rochers très-puissants. Combien ces secousses ont dû entraîner plus facilement des masses énormes de glaces suspendues aux parois des rochers, et combien grande a été l'action destructive des eaux mises en mouvement par des causes semblables.

Aussi, nous ne devons point nous étonner de trouver sur tous les rivages de la côte ouest de l'Amérique méridionale des masses de blocs plus ou moins

roulés, plus ou moins anguleux, mais des masses si considérables, que l'on serait tenté de croire qu'elles sont les débris de montagnes de roches granitiques qui se sont désagrégés, ou que d'immenses déluges ont nivelé et brisé les crêtes des montagnes, et répandu leurs débris sur leurs pentes. Mais si nous voulons nous éclairer sur les causes qui ont produit des résultats si étonnants, nous n'avons qu'à pénétrer dans ces vallées étroites des Cordillères dans lesquelles on trouve les restes des glaciers puissants qui autrefois sans doute ont couvert toute la côte, et là nous prendrons la nature sur le fait. Nous verrons d'immenses moraines formées par les glaciers, des glaces flottantes couvertes de débris, des masses considérables échouées à la côte, polies et usées par l'action incessante des vagues, nous reconnaîtrons alors que ce n'est point en vain qu'on attribue à la présence d'anciens glaciers l'origine des blocs erratiques si abondamment répandus sur nos côtes.

Nous avons fait voir, en étudiant le dépôt erratique dans l'est, que très-évidemment ce terrain étant, dans certaines parties, parfaitement stratifié, il s'était formé sous les eaux; supposons un instant que tout l'espace recouvert par ces formations marines soit de nouveau plongé sous les eaux, au lieu d'avoir des terres d'une grande étendue, nous n'aurons plus que quelques îles montagneuses; il ne resterait au-dessus des eaux que la chaîne principale qui s'étend du mont Stoker jusqu'au Beagle, et qui formerait une île dans la partie orientale de la presqu'île de Bruns-

wick, l'île Dausson et une île correspondant au mont Sarmiento et au mont Darwin; sur la côte orientale quelques petites îles correspondant aux sommités des montagnes granitiques que l'on rencontre sur l'île Clarence, l'île de la Désolation et l'archipel Adélaïde.

Si nous supposons un affaissement semblable, il est bien évident que les conditions climatologiques de ces îles ne seront plus les mêmes que celles des terres que nous connaissons aujourd'hui, car toute la Patagonie elle-même serait en grande partie sous les eaux, et les Cordillères formeraient seules une série d'îles d'une grande élévation, éminemment propre au développement des glaciers; l'atmosphère serait sans doute plus humide, plus brumeuse, par conséquent les étés seraient moins chauds, car on sait quelles influences considérables les nuages et les brouillards jouent dans l'absorption de la chaleur. Il tomberait nécessairement une plus grande quantité de neige sur ces sommets glacés; et ce ne sont point de vaines hypothèses, l'île de la Nouvelle-Géorgie, située exactement dans la même latitude, présentant des sommets élevés comme les îles que formeraient les crêtes des montagnes de la Patagonie et de la Terre-de-Feu, et nous savons que ces terres sont couvertes de glaciers qui descendent jusqu'au niveau de la mer, et la végétation y est réduite à quelques mousses, quelques touffes graminées, et à un très-petit nombre de plantes vivaces qui se cachent sous la neige pendant l'hiver et se développent pen-

dant les quelques jours d'été qui leur sont donnés par la disparition d'une partie des neiges autour de quelques parties du rivage de cette île inhospitalière. On voit un nombre considérable de glaces flottantes provenant, soit des glaciers, soit des plateaux de glaces qui se forment dans les anfractuosités de la côte; chacun d'eux emporte au loin quelques fragments des roches qui composent cette île. Les dépôts erratiques qui se forment dans le voisinage de cette île ne sauraient à coup sûr contenir un grand nombre de débris organisés; en effet, les côtes sont déchirées par les glaces qui descendent à la mer, par les masses qui échouent, et enfin par les plateaux de glace qui s'y forment pendant l'hiver, et qui s'en détachent pendant l'été, il est bien évident que ces côtes sont très-peu favorables au développement des êtres organisés.

Nous pouvons, par analogie, admettre que ces phénomènes se sont passés sur les flancs de la grande chaîne des Cordillères, alors que le dépôt erratique se formait sous les eaux. Les glaces flottantes transportaient des blocs de roches cristallines de l'est à l'ouest, et les répandant partout, en plus ou moins grande quantité, sur leur passage, allaient surtout les accumuler sur les bas-fonds, dans les passes étroites où elles allaient échouer. C'est ainsi que les choses se passent aujourd'hui sur une moins grande échelle sur la côte du Chili et sur les îles de la Terre-de-Feu. C'est ainsi que se forment des dépôts erratiques considérables autour du continent autarctique

et au nord sur la partie orientale des côtes du Labrador, de Terre-Neuve, où les glaces flottantes, venues des mers glaciales, vont échouer en nombre considérable.

Mais, dira-t-on, on ne peut admettre une extension, un développement considérable des glaciers qui couvrent aujourd'hui les sommités des montagnes, sans croire qu'à une époque antérieure à la nôtre, la température du globe, constamment et régulièrement décroissante (autant du moins que nous pouvons le juger par nos flores), a eu un minimum, tel que tous les pays tempérés ont eu des climats beaucoup plus froids que ceux que nous avons aujourd'hui; ainsi, la température générale du globe aurait régulièrement décru jusqu'à l'époque des dépôts erratiques, et aurait ensuite repris une marche croissante jusqu'à la température dont le globe jouit depuis les temps historiques. Cette opinion a été soutenue par M. Agassiz, qui réunit à un profond savoir une intelligence rare des phénomènes de la nature et une imagination brillante, il est vrai qu'on peut admettre avec Fourier que le globe, en traversant les espaces planétaires, peut changer de température, et passer ainsi par des périodes croissantes ou décroissantes; mais il n'en est pas moins vrai que c'est une hypothèse extrêmement hardie, digne de la brillante intelligence qui l'a soutenue, mais qu'il est difficile d'accepter en géologie, lorsque, surtout, on peut expliquer les faits par des causes beaucoup plus simples, par exemple, par des variations de configuration ou de

hauteur des continents, qui modifient complétement les conditions climatériques, conditions dont dépendent essentiellement l'existence et le développement des glaciers.

Ce sont ces conditions climatériques, leur rapport avec la disposition des terres et leur influence sur l'extension des glaciers que nous nous proposons d'étudier dans le chapitre suivant, et qui nous permettront, je l'espère, de donner une théorie générale de la formation des dépôts erratiques.

CHAPITRE VII.

Du climat des terres magellaniques, de l'influence des climats sur la distribution géographique des êtres organisés, et la limite inférieure des glaciers. Application de cette étude à la formation des dépôts erratiques.

En étudiant l'histoire naturelle du détroit de Magellan, de la Terre-de-Feu, et celle de la côte occidentale de l'Amérique du Sud, nous avons rencontré des faits qui nous ont paru mériter à un haut degré l'attention du géologue et du botaniste.

Ces terres présentent en effet un climat que beaucoup de savants ont considéré comme exceptionnel; la flore y est assurément d'une latitude plus élevée, et la faune qui se trouve dans des rapports si intimes avec la flore, présente les mêmes caractères, et cependant, malgré la présence d'une flore et d'une faune de latitude plus tempérée, nous y trouvons des glaciers extrêmement étendus, des glaciers qui descendent jusqu'au niveau de la mer.

Nous avons essayé de chercher les causes de cette extension exceptionnelle des glaciers, de cette

faveur exceptionnelle d'ontologie, et nous avons cru la trouver dans la disposition éminemment insulaire de cette partie de l'Amérique septentrionale; d'autres avant nous avaient indiqué cette cause, mais sans la démontrer, sans la faire connaître dans ses limites et dans ses rapports avec la physique générale, avec les distributions de la température à la surface du globe, avec la distribution des êtres organisés, végétaux et animaux. Nous avons essayé de résoudre cette importante question, et nous croyons avoir trouvé les éléments de cette intéressante solution.

Qu'il nous soit permis tout d'abord de retracer à grands traits les caractères naturels du détroit de Magellan; quelques mots sur sa flore, sur sa faune, sur les terrains qui se forment dans ces plages, jetteront un plus vif intérêt sur cette grave question, et nous serviront de point de départ pour les conclusions que nous aurons à donner sur les modifications climatologiques propres au climat insulaire.

Les voyageurs qui ont traversé le détroit de Magellan, Byron, de Bougainville, King, Darwin, Dumont d'Urville, ont tous été frappé de la richesse et de la beauté de la végétation qui règne dans la partie moyenne du détroit. Le capitaine King décrit la végétation de la presqu'île de Brunswick comme étant des plus belles, il cite avec étonnement des fuchsias et des véroniques arborescentes, qui croissaient sur des côteaux à une très-petite distance des

glaciers et par une température de 2° 20; ils étaient en fleurs et très-bien développés.

Les forêts sont très-belles et sont composées spécialement du *fagus antarcticus*, et dans lesquelles on rencontre à chaque pas le *wenteria aromatica*, et une espèce de berberie; elles sont très-épaisses, et il est difficile de les traverser à cause du grand nombre de broussailles qui croissent sur leur lisière.

En général toutes les plantes qui croissent dans le détroit de Magellan, ressemblent beaucoup à celles du Chili, et un très-petit nombre excepté, ce sont les mêmes espèces. M. d'Urville fait observer qu'il en est de même pour les quadrupèdes, les oiseaux et les insectes.

Les climats insulaires sont extrêmement remarquables par la puissance de leur végétation; ils présentent aussi quelques caractères spéciaux qu'il est très-important d'apprécier.

Les forêts qui couvrent les parties occidentales des terres magellaniques de Chiloé entre le 38° et le 35° rivalisent en richesse avec les forêts intertropicales. Dans l'île de Chiloé, par exemple, les forêts sont composées d'arbres magnifiques qui atteignent des dimensions extraordinaires; leurs troncs sont entrelacés d'une foule de monocotyledonés parasites; on y trouve un nombre de belles et grandes fougères; des graminées arborescentes s'y élèvent à la hauteur de 40 et 50 pieds.

Les palmiers croissent sur ces côtes jusque sous

le 37e parallèle ; une espèce de bambou a été trouvée sous le 40e parallèle, et enfin on a rencontré une autre espèce de ce même genre, représentant une tige d'une grande largeur, mais très-faible sous le 45e de latitude sud.

Dans une autre partie du même hémisphère, la végétation offre des caractères semblables. Forster a vu des orchidées parasites croissant en abondance dans la Nouvelle-Zélande sous la latitude de 45e. Les fougères arborescentes croissent parfaitement bien près de Hobart-Town et à la terre de Van-Diémen. Darwin dit en avoir mesuré une dont la tige avait 6 pieds de circonférence et qui atteignait à une hauteur de 20 pieds au moins. M. Brown rapporte qu'une espèce arborescente du genre *Dicksonia* a été trouvée dans la Nouvelle-Zélande, à Duskybay, presque sous le 46e parallèle ; c'est la latitude la plus élevée à laquelle on ait rencontré des arbres de cette famille. Nous remarquerons ici en passant que les fougères arborescentes, très-abondantes dans l'hémisphère sud, deviennent très-rares à mesure qu'on se rapproche de l'équateur ou du tropique nord. Il en est de même des orchidées parasites. On peut admettre que les fougères prospèrent spécialement dans les climats insulaires.

Pour nous résumer, la végétation de la Terre-de-Feu, du détroit de Magellan, de la côte ouest de cette partie de l'Amérique méridionale, représente, à très-peu d'exceptions, la flore de la partie méridionale du Chili, et est incomparablement plus belle

que celle de tous les climats de l'hémisphère nord sous la même latitude. Les fuchsia et les véroniques arborescentes que l'on rencontre au port Famine sont considérées en Angleterre comme des plantes très-délicates et sont élevées dans des serres ; notons ici que le port Famine correspond par sa latitude au nord de l'Angleterre.

Quant à la zoologie de la Terre-de-Feu, elle est tout à fait en rapport avec la nature du climat et de la végétation.

Parmi les mammifères, nous avons le chat du Chili, le jaguar, une espèce de renard, un cerf, le guanaque et le vigogne que les naturels chassent pour se nourrir de leur chair ; il est probable que le lama des Cordillères doit se rencontrer jusqu'au détroit ; on ne l'y a pas observé ; il y a aussi plusieurs espèces de lièvres.

Les nombreux bras de mer qui séparent les terres de l'Amérique méridionale sont visités par plusieurs espèces de phoques.

Les forêts sont habitées par une multitude de perroquets, d'oiseaux-mouches, de colibris et d'autres espèces qui sont presque toutes connues dans le Chili. Les plages de l'est sont parcourues par de nombreux troupeaux d'autruches.

On a observé que la Terre-de-Feu ne nourrissait pas de reptiles : c'est un fait très-remarquable et qui lui est commun avec les îles Malouines.

On rencontre sur les fleurs, dans les bois, un très-grand nombre de coléoptères ; ils appartiennent,

pour la plupart, aux genres qui habitent les forêts, et présentent, suivant M. Daunois, quelques rapports avec ceux que l'on trouve dans les forêts des Alpes.

Si les terres magellaniques ne nourrissent qu'un petit nombre de mammifères, la mer de ces parages est habitée par une immense quantité de poissons, de mollusques et de crustacés; les pêches étaient presque toujours heureuses, et il n'y a peut-être pas au monde une plage plus riche.

Ici, sous chaque pierre, sous chaque touffe de fucus, vous voyez surgir une foule de crabes, et de petits mollusques; on trouve sur les côtes une quantité considérable de grands mollusques, de moules, de patelles; et en parcourant les roches du rivage, en fouillant les touffes de fucus qui couvrent les hauts-fonds, on est toujours sûr de recueillir un grand nombre de coquilles remarquables par leur beauté et leur taille.

Les dépôts d'alluvion qui se forment aujourd'hui autour de ces terres présentent, dans la question qui nous occupe, un très-grand intérêt.

Sur la côte sud-ouest, dépourvue de végétation, il ne peut que se former, sous les influences météorologiques, des dépôts arénacés provenant de détritus de roches granitiques, dioritiques, etc., qui sont répandues dans les gorges étroites, dans le lit des torrents qu'alimentent les pluies fréquentes de ces climats insulaires. Il existe, sur la côte sud-ouest, un grand nombre de glaciers qui servent de débouchés aux neiges perpétuelles qui occupent les montagnes

élevées de cette contrée. Ces glaciers présentent de vastes moraines qui sont entraînées à la mer, où elles deviennent le jouet des courants qui les transportent peu à peu d'un point à un autre du rivage; les fragments de roches qui appartiennent aux moraines latérales, aux moraines médianes, restent souvent fixés dans les blocs de glace rejetés à la mer, et vont se déposer dans telle ou telle partie du détroit où ces glaces flottantes seront entraînées par les courants qui, comme nous l'avons dit, règnent généralement du nord-ouest au sud-est.

Nous avons déjà observé que la partie moyenne du détroit de Magellan offrait une magnifique végétation; les bois, extrêmement épais, couvrent les collines; sur la plage, dans les plaines où les rivières s'élargissent, il s'établit de vigoureuses générations de graminées, de cypéracées, de joncées, qui forment par leur décomposition d'immenses tourbières, qui s'accroissent encore par le dépôt d'une grande quantité de débris de bois, et même par des troncs entiers qui sont entraînés par les torrents, et viennent s'enfouir au milieu des herbes qui forment la masse de ces tourbières.

Au port Famine, la rivière Sedger, qui traverse d'immenses forêts du *fagus antarcticus*, entraîne à la mer une grande quantité de troncs d'arbres qui forment souvent des barres le long de son cours. Ces arbres souvent portés jusqu'à la plage, et mis à flot dans les grandes marées, sont ensuite transportés çà et là dans les différentes parties du détroit. Sur la

plage du port Famine, il y avait une immense quantité de ces bois flottés, leur écorce était arrachée, il était facile de reconnaître qu'ils avaient subi de nombreux frottements qui avaient brisé, déchiré, emporté toutes les parties saillantes; autour d'eux on voyait une foule de débris, des branches, des feuilles à demi-réduites en humus.

Voici donc une tourbière placée sur un rivage, se formant par l'accumulation des générations éteintes des familles qui hantent ordinairement ces habitations, et s'accroissant d'une foule de troncs, de branches d'arbres qui viennent s'y enfouir dans toute espèce de direction, autour de ces tourbières s'élèvent des forêts de *fagus*, de *winteria*, et des grandes fougères, qui pourront aussi être enfouis dans ce même tombeau si, par un barrage établi par ces troncs flottés, le niveau de l'eau, dans ces tourbières, vient à s'élever de quelques pieds; et ainsi on pourrait avoir des troncs lignitifiés en place, bien que la grande masse appartînt à des troncs flottés.

Les navigateurs qui ont traversé le détroit savent combien sont rapides, combien sont puissants ces torrents qui viennent de la côte chilienne. Cette côte peut livrer à la mer une foule de débris organiques, tels que des traces de fougères arborescentes. de palmiers, etc., qui, entraînés au sud-est, pourront être abandonnés sur les plages du port Famine et augmenter ces tourbières de troncs d'arbres de pays plus chauds et appartenant à des espèces étrangères au détroit.

Les eaux qui s'écoulent de ces tourbières dans les ports entraînent avec elles une grande quantité de parties carbonisées qui viennent former des dépôts au fond des baies, dans les points à l'abri des courants, telle est probablement l'origine d'un amas de lignite dont nous eûmes quelques échantillons au port Famine en relevant l'ancre mouillée dans la rade.

Le climat de la Terre-de-Feu est, comme nous l'avons déjà dit, un climat essentiellement marin, essentiellement insulaire. La température moyenne annuelle de la partie centrale des terres magellaniques (du port Famine) a été estimée à 5°,25, d'après les nombreuses observations des officiers de l'expédition anglaise sous les ordres du capitaine King, commandant le *Beagle*.

La température moyenne de l'hiver, c'est-à-dire des mois de juillet et d'août, fut 0° — 60; et la moyenne des mois les plus chauds ne dépassa pas 10°.

L'Astrolabe et *la Zélée* ont mouillé pendant un mois dans le détroit de Magellan. La température moyenne du port Famine, du 15 au 22 décembre, fut 9°,60, et dans les autres parties du détroit, du 15 décembre au 31 janvier, 9°,75; du 1er au 10 janvier, 10°,75. Le maximum de température observé dans le courant de décembre et de janvier fut 15°,40 le 31 décembre, à deux heures; et le minimum 5°,4, le 21 décembre, à quatre heures du matin.

Ainsi, la différence entre les moyennes des mois les plus chauds et les plus froids est 10°, et la diffé-

rence entre les températures diverses n'a pas dépassé, dans un mois d'été, 10°, et cela par des temps bien différents.

Cette uniformité de température est extrêmement remarquable; nous ne pourrons estimer son influence à une juste valeur qu'en comparant sous ce rapport le port Famine avec divers autres points du globe dont les températures moyennes soient bien connues. Nous donnons à la fin du volume une table qui permettra de juger rapidement les différences que présentent les températures moyennes des mois d'été et d'hiver, dans les climats insulaires et continentaux. Nous avons choisi spécialement des points situés entre les 50° et 55° parallèles, afin que la comparaison fût plus facile à saisir, et que les déductions qu'on peut en tirer soient en même temps plus logiques.

Nous avons une différence de 10° entre les moyennes des saisons estivales et hivernales au port Famine, 53°,38′ latitude sud.

Iluluk, petite île dans la mer de Kamtchatka a une température moyenne de 4°,1. La température moyenne de l'hiver est 0,1, celle de l'été 10°,5. différence 10°,6. Voici deux points appartenant à des climats insulaires pris à des distances immenses, mais dans des conditions semblables et qui, sous la même latitude, ont une même température annuelle, et des différences semblables pour les températures moyennes de l'été et de l'hiver.

Prenons maintenant des villes situées au milieu des continents, par exemple Irkousk au milieu de

la Sibérie offre entre la température moyenne de l'été et de l'hiver une différence de 33°,5, et de 37° entre le mois le plus froid et le plus chaud. Tambov, moins enfoncé dans les terres, ne présente plus qu'une différence de 27° entre l'été et l'hiver. Moscou 26, Varsovie 20, Berlin 18, Hambourg 16, Alderley Rectory 11, Dublin 10,3. Toutes ces villes sont située, entre le 51e et le 53e ou 54e parallèle. Les différences des températures extrêmes, à mesure que nous nous avancons vers l'océan Atlantique, deviennent de moins en moins grandes; nous n'avons fait porter le comparaison que sur des lieux de même latitude que le port Famine; mais si nous cherchons des exemples de différences de température moyenne en dehors des limites que nous nous sommes tracées, nous arrivons à des chiffres très-remarqubles. Iakousk lat. 62° N., 126° 47' long. est à une température moyenne de — 38°,90 pour l'hiver et de 17°,20 pour l'été, 56°,10 de différence entre ces deux moyennes; la différence entre la moyenne du mois le plus chaud et du mois le plus froid atteint 68°.

Nous venons d'étudier comparativement les températures moyennes et extrêmes des terres magellaniques. Quelques mots sur ces conditions hygrométriques.

Nous ne pouvons pas malheureusement donner en millimètres la mesure précise de la quantité de pluie et de neige qui tombe dans ces climats, mais ce que nous pouvons affirmer c'est qu'elle est très-considérable. Tous les navigateurs qui ont exploré

ces parages, se plaignent de brumes incessantes, de coups de vents de sud-ouest accompagnés de grains, de pluie, et au printemps et à l'automne de grains de neige très-fatigants pour les équipages. C'est un pays brumeux et très-humide; les vents de sud, de sud-ouest surtout amènent deux à trois fois la pluie sur quatre à cinq fois qu'ils soufflent; les vents d'est sont moins pluvieux, cependant des pluies s'établissent souvent sous leur influence; à Chiloé les pluies sont aussi extrêmement abondantes.

Les conditions orographiques et climatologiques des terres ont une grande influence sur la distribution des espèces végétales, et toute modification géologique qui changerait la disposition des terres et des mers aurait pour résultat d'altérer la composition des flores, soit par l'extinction d'un certain nombre d'espèces, soit par l'adjonction d'un certain nombre d'espèces étrangères.

L'étude comparative des flores des diverses contrées explorées par les botanistes a démontré que les végétaux se trouvaient distribués en régions distinctes, formant des flores propres à des lieux plus ou moins circonscrits, et que la dispersion des espèces paraissait s'être faite à partir de ces régions, que l'on a considérées comme des centres de création. Si, dès le principe, les flores ont été créées spécialement pour chaque contrée qu'elles devaient habiter, il y a eu secondairement une dissémination des espèces qui se sont répandues peu à peu de ces régions primitives, et se sont mêlées aux espèces des régions

voisines, et il s'est formé ainsi une distribution secondaire. Cette distribution secondaire des espèces végétales s'est faite sous l'influence des conditions orographiques et climatologiques que nous pouvons apprécier, au moins en partie, en comparant la distribution relative des végétaux sur le même continent, à de petites distances, et en étudiant comparativement l'action des agents climatériques, et celle non moins puissante de la disposition orographique des terres.

Dans l'état actuel, les rapports des continents sont fort divers, et leurs flores, aussi bien que leurs faunes, présentent des différences d'autant plus grandes, que l'espace et les obstacles qui séparent ces continents sont plus vastes ou plus considérables. Les zones arctiques, reliées entre elles par des îles, par des terres peu éloignées les unes des autres, par des bancs de glace qui permettent les migrations des animaux, présentent dans leurs flores et dans leurs faunes un nombre remarquable d'espèces identiques et des rapports très-nombreux. Mais à mesure que l'on s'éloigne du pôle nord pour se rapprocher de l'équateur, les rapports diminuent. Il existe bien dans les climats semblables des flores analogues, offrant un aspect semblable, appartenant, en général, aux mêmes grandes familles, mais les espèces, les genres qui représentent ces familles sont différents; les espèces communes deviennent plus rares.

En se rapprochant du pôle antarctique, la divergence entre les flores et les faunes devient de plus en

plus considérable, et bien que sous des climats semblables, les flores présentent des espèces et des genres presque tous différents.

Sur le même continent, sous des latitudes semblables, les flores devraient se composer pour ainsi dire des mêmes plantes, et cependant elles présentent souvent, à de très-petites distances, des différences considérables; on doit rapporter ces différences aux diverses conditions climatologiques et orographiques des lieux. Les lignes isothermiques, isothériques, isochymènes, formant des courbes très-différentes, et souvent très-éloignées les unes des autres, les plantes se sont répandues suivant les besoins de leur organisation, suivant telle ou telle ligne; d'autres ont suivi le cours des eaux, dont elles recherchent le voisinage, ou, encore, se sont établies au bord des eaux stagnantes, sur le rivage des mers; d'autres enfin, recherchant le climat des montagnes, se font fixées sur les faîtes des chaînes du continent.

Dans chaque continent, presque tous les bassins orographiques sont dans des conditions différentes, et sous le rapport météorologique et sous le rapport de la composition du sol; aussi ne devons-nous pas nous étonner de trouver des flores qui présentent des différences analogues.

Lorsqu'on étudie comparativement les climats propres aux îles, aux rivages, aux continents, et que l'on vient à reconnaître que les différences qu'ils présentent, et que nous avons signalées dans des tables comparatives, sont, dans les climats tempérés

et froids, si considérables, que les lignes isothériques s'élèvent à 20° en latitude plus au nord dans un point que dans un autre; lorsque l'on voit qu'entre le 55° et le 65°, les différences, entre les températures moyennes des mois, peuvent s'élever jusqu'à 60°, on est porté, *à priori*, à admettre que sous la même latitude, les climats étant entièrement différents, c'est-à-dire étant successivement insulaire, littoral et continental, les flores présentent de très-notables différences; et, en effet, la flore de l'Angleterre présente des différences considérables avec celle de la Russie. La flore de l'ouest de la France est bien différente de celle des plateaux de la Russie et de l'Autriche aux mêmes latitudes. Et si nous étudions les différences produites par les bassins, par les circonscriptions orographiques, nous trouverons que les bassins de la Méditerranée, ceux de l'Océan, à l'ouest de la France; que les bassins, au nord et au sud des Alpes, présentent des différences très-grandes et très-faciles à apprécier.

Mais si la disposition relative des terres et des mers, si la composition géologique du sol, si la présence des cours d'eau, si toutes les circonstances orographiques et climatologiques ont une action sur la composition des flores et sur celle des faunes, on doit en conclure nécessairement que toute modification géologique qui aura pour résultat de changer les conditions climatériques et orographiques d'un continent ou d'une partie de ce continent, soit en transformant une île en rivage, soit en faisant de ce rivage

le centre d'un continent, soit en changeant le cours des eaux, soit en modifiant le relief du sol par le soulèvement de plusieurs lignes de montagnes, entraînera nécessairement un changement analogue dans la composition des flores, en changeant plus ou moins les conditions d'existence des êtres qui doivent habiter le sol.

L'étude comparative des régions botaniques actuelles peut conduire à connaître les rapports qui existaient entre les continents avant notre époque, par la présence ou l'absence des espèces identiques. L'étude comparative des flores antédiluviennes peut aussi nous indiquer les rapports qui ont existé entre les continents sur lesquels ces végétaux ont vécu. Il est bien entendu que nous supposons que l'on ne compare que des fossiles qui ont évidemment vécu sur les points où ils sont enfouis.

Lorsque l'on compare la flore fossile des anciennes couches avec la flore moderne, on ne peut presque jamais comparer des espèces identiques, pas même des plantes des mêmes genres, mais seulement des plantes appartenant à des genres voisins ou aux mêmes familles. Dans ces circonstances, il est presque impossible d'obtenir d'une manière un peu exacte le chiffre ou le caractère de la température moyenne du lieu ou du climat; car nous trouvons des espèces des mêmes genres et des mêmes familles répandues sur d'immenses surfaces et dans des climats très-différents; quand bien même on pourrait déterminer cette température moyenne en comparant

les plantes de la flore fossile aux analogues de la flore moderne, il ne faudrait pas se hâter de conclure que cette famille de plantes, ne dépassant pas aujourd'hui le 20° de latitude nord, et se trouvant aux époques antérieures sous le 45° parallèle, que sur ce parallèle on avait à cette époque la température que nous observons de nos jours sur ce 20° parallèle; on pourrait simplement en conclure que sur ce point on avait des conditions climatologiques qui se rapprochaient de celles des lieux où ces végétaux vivent aujourd'hui; car, comme on peut l'observer dans les tables des températures comparées de 5 en 5°, on a sur le même parallèle des températures moyennes et extrêmes très-variables, suivant la disposition orographique du sol.

Bien qu'il soit possible, et que jusqu'à ce jour les faits semblent indiquer qu'à chaque grande révolution géologique une nouvelle flore et une nouvelle faune sont venues habiter la surface de la partie du globe que l'on étudie, on ne doit admettre la théorie des créations nouvelles qu'avec réserve, jusqu'à ce qu'il soit bien démontré que ces changements, presque complets dans les faunes et dans les flores, n'ont pas été opérés par la destruction générale des espèces d'une région botanique et zoologique, et par leur remplacement par les migrations des espèces venues des contrées voisines.

On doit reconnaître, dans tous les cas, que les flores et les faunes, soit qu'elles remontent toutes à une même création, soit qu'elles appartiennent à des créations successives, soit qu'elles aient subi une

modification créatrice incessante pendant les époques géologiques; on doit reconnaître, dis-je, que ces grandes sociétés végétales et animales ont été nécessairement modifiées dans leur composition, soit par la destruction d'un grand nombre d'espèces, soit par la dissémination des espèces à la suite des grands cataclysmes du globe, qui ont changé complétement toutes les conditions climatériques et orographiques des terres.

En faisant des recherches sur cette question si importante des sciences phytologiques, j'ai compris combien il était nécessaire d'apporter dans les herborisations que l'on fait dans les pays étrangers cet esprit d'analyse qui non-seulement fait rechercher les individus comme espèces, mais qui doit faire comparer ces espèces dans leur nombre relatif pour la composition de la végétation du sol; il faudrait pouvoir assigner le nombre relatif des individus et des espèces qui composent la flore, et indiquer ces nombres par des proportions numériques adoptées par tous les botanistes, qui seraient alors facilement comparables entre elles. Il faudrait aussi que les botanistes qui font les monographies d'une famille ou d'un genre important, voulussent bien faire des tableaux de distribution de 5 en 5 degrés de latitude, en indiquant le nombre des espèces et le nombre relatif des individus qui vivent dans chaque climat. Peu à peu ces tableaux se compléteraient, se régulariseraient, et bientôt peut-être on pourrait résumer ces études partielles en un seul tableau général qui serait, à

notre avis, la plus parfaite de toutes les tables de distribution; elles représenteraient en effet les modifications que présentent les flores suivant les méridiens, suivant les latitudes, suivant les climats, et par conséquent suivant la configuration du sol, les lignes isothermiques, isothères et isochymèmes.

Nous aurions pu grouper dans un tableau météorologique des climats les plantes cultivées sur lesquelles nous avons un plus grand nombre de données. Mais comme ce travail a surtout pour but des applications à la paléontologie, nous n'aurions point atteint le but que nous nous proposions.

A notre grand regret, nous avons échoué dans notre tentative sur la distribution météorologique des végétaux, faute de connaissances exactes sur l'habitation des familles, des genres et des espèces, étude qui a été si négligée jusqu'au jour où M. de Humboldt a ouvert une ère nouvelle à la science par ses travaux et par l'attrait qu'il a su jeter sur cette étude.

Nous présenterons toutefois quelques considérations sur la distribution des grandes classes de végétaux dans les climats insulaires, péninsulaires, littoraux et continentaux, en comparant la disposition de ces grandes classes suivant les méridiens et suivant les parallèles.

Sur les parallèles, dans les climats insulaires, les lignes isothèmes, isothères et isochymènes, se rapprochent considérablement, et on peut supposer qu'elles viennent se confondre. La flore d'une île étant connue en genres et en espèces, et le nombre

des espèces et des individus étant établi par des nombres proportionnels ; si sous les mêmes latitudes et en pénétrant sur le rivage d'un continent voisin, nous étudions les modifications de cette flore, nous trouvons qu'elle est presque la même, à cela près que quelques espèces d'une latitude plus chaude se sont mêlées aux premières. Mais si nous pénétrons plus avant dans le continent, nous voyons bientôt, en arrivant à des climats de température extrême, que la flore est profondément modifiée ; elle ne suivra pas la ligne isothermique qui passait par notre île, et qui va se rapprocher de plus en plus de l'équateur ; elle se divisera, pour ainsi dire.

Les plantes herbacées suivront la ligne isothère qui prenait son point de départ dans notre île ; les végétaux ligneux, accompagneront à une distance plus ou moins grande la ligne isothermique ; toutes les espèces qui ne peuvent vivre que sous les conditions hygrométriques des climats insulaires ne quitteront point le rivage ; les familles qui, comme les conifères, les amentacées, peuvent supporter des différences de température assez considérables, suivront la ligne isothermique ; celles qui craignent à la fois les chaleurs et les froids extrêmes, disparaîtront ; en sorte que la flore sera considérablement diminuée pour le nombre des espèces, les individus deviendront plus nombreux, et se mêleront aux espèces propres des climats excessifs.

Ainsi : *les espèces, les genres, les familles, se présentent en plus grand nombre dans les climats littoraux*

et péninsulaires; de là le nombre des espèces va en diminuant en passant au climat insulaire, où le nombre des individus est considérable et la végétation uniforme est très-belle, et en passant au climat excessif, où le nombre des espèces diminue aussi, mais où la végétation est loin d'être aussi brillante que dans les climats insulaires. Nous ferons remarquer aussi que les espèces ligneuses, et spécialement les arbres qui forment les forêts, diminuent de plus en plus dans les îles qui appartiennent à des latitudes élevées : les îles Malouines, l'Islande, etc.

Si nous comparons le nombre relatif des espèces et des individus dans les différents climats en suivant les méridiens, nous trouvons *que la flore équatoriale, ou mieux, que la flore juxta-tropicale s'élève beaucoup plus au nord dans les climats insulaires, péninsulaires, que dans les climats continentaux, que le nombre des espèces augmente proportionnellement à l'aire ou à l'étendue des groupes d'îles; que les espèces deviennent plus nombreuses dans la zone juxta-tropicale que dans la zone équatoriale proprement dite; que dans les climats littoraux la flore équatoriale s'élève moins au nord, mais que le nombre des espèces augmente considérablement, que dans la zone tempérée chaude, il paraît être des plus grands, et qu'enfin il est le plus grand possible dans la zone tropicale auprès des grandes chaînes de montagnes.*

Dans les climats continentaux de la zone équatoriale et juxta-tropicale, la flore ne présente ni un grand nombre d'espèces ni un grand nombre d'indi-

vidus, et offre dans son activité des intermittences produites par les saisons pluvieuses qui viennent rendre à la vie les plaines desséchées par l'action du soleil. *Les plantes ligneuses sont très-abondantes dans les climats insulaires et littoraux, elles appartiennent en quantité presque égale aux monocotylédonés et aux dicotylédonés dans les zones équatoriales et intertropicales; les acotylédonés présentent un grand nombre de belles espèces arborescentes;* ces caractères particuliers disparaissent peu à peu en nous élevant au nord, *où la flore ligneuse dicotylédonée prend de plus en plus d'importance, pour céder, dans la zone glaciale, au nombre des végétaux herbacés monocotylédonés et dicotylédonés.*

La flore équatoriale et tropicale présente des différences d'espèces dans les climats insulaires et dans les climats continentaux. *Ainsi les palmiers, les mangliers, les fougères arborescentes, sont propres au climat insulaire, et ne se trouvent qu'en petit nombre dans les climats continentaux; ces mêmes espèces se rencontrent dans les îles sous des latitudes beaucoup plus élevées que dans les climats continentaux; on en trouve une grande quantité sur les rivages de la Nouvelle-Zélande, de la terre de Van-Diémen, jusqu'auprès du 45° de latitude sud.*

Si nous comparons enfin la distribution des végétaux acotylédonés, monocotylédonés et dicotylédonés dans les divers climats et dans les diverses zones, nous les diviserons d'abord en deux parts, végétaux ligneux et végétaux herbacés. — *Les premiers, mono-*

cotylédonés, sont caractéristiques des climats insulaires, des climats littoraux, équatoriaux et intertropicaux, s'élèvent dans ces climats à des latitudes très-élevées, jusqu'au 45° de latitude, en présentant une diminution proportionnelle dans le nombre des espèces et des individus. Les végétaux dicotylédonés ligneux sont extrêmement abondants dans les climats tempérés, et diminuent en espèces au deçà et au delà de la ligne tempérée figurée par la ligne isothermique de + 12°; ils augmentent pour le nombre des individus en allant vers le nord jusqu'à la ligne isothermique de 5°; là ils diminuent progressivement jusqu'au pôle. Les monocotylédonés herbacés semblent augmenter également de l'équateur vers le pôle, et subissent moins les influences des climats que les végétaux ligneux des mêmes classes et des mêmes familles.

Enfin, *les dicotylédonés herbacés suivent à peu près la même loi générale que les dicotylédonés ligneux, présentant le plus grand nombre d'espèces dans les climats tempérés, et diminuant en nombre et vers le tropique et vers le pôle.*

Si l'on étudie l'influence des climats sur la végétation en suivant les lignes de latitude ou en suivant les lignes méridiennes, on reconnaît des caractères spéciaux, savoir, *pour les climats insulaires, une flore de latitude plus élevée que sur les continents, composée d'espèces moins nombreuses mais d'individus très-multipliés et bien développés; un grand nombre d'espèces ligneuses dans la zone tempérée; un très-petit nombre de ces mêmes espèces ligneuses dans les climats de la*

zone glaciale ; prédominance des monocotylédonés et des acotylédonés dans la zone intertropicale et dans la zone glaciale ; végétation perpétuelle, dans les zones intertropicales, presque continue dans les autres zones. Dans les climats péninsulaires et littoraux, la *flore se compose d'un très-grand nombre d'espèces et de genres ; elle réunit à la fois un grand nombre d'espèces insulaires, les espèces littorales et un bon nombre d'espèces des climats continentaux, on remarque une prédominance très-grande des végétaux dicotylédonés dans la zone tempérée, et qui diminue en allant au nord et au sud ; et la végétation présente des intermittences plus longues que dans les climats insulaires et moins longues que dans les climats continentaux.*

Dans les climats excessifs ou continentaux, *le nombre des espèces diminue ; la flore est de température moins élevée que dans les climats précédents, les individus sont très-nombreux, la végétation présente de longues intermittences déterminées par les températures extrêmes de l'hiver et de l'été, et par les saisons pluvieuses dans les zones équatoriales.* De ces lois générales qui ressortent de l'étude attentive des divers travaux qui ont été publiés sur la distribution géographique des végétaux, nous devons conclure que les climats ou que la configuration des terres a une influence extrêmement grande sur la flore du pays et qu'on doit admettre que si un point du globe, le détroit de Magellan par exemple, devenait tour à tour ou le rivage ou le centre d'un grand continent, la flore serait profondément modifiée ; il suffit,

pour faire accepter cette opinion, de comparer la végétation du port Famine à celle des côtes du Labrador par la même latitude et ensuite de la comparer à celle du centre du continent de l'Amérique du Nord par la même latitude 53°. Les températures moyennes sont à peine au-dessus de 0° et les différences entre les températures extrêmes sont de plus de 30°.

Il suffirait de comparer la flore de Dublin latitude 53° avec celle de Varsovie 52° puis avec celle d'Irkousk par 52° pour être persuadé de l'énorme différence que les influences météorologiques résultant de la configuration des terres impriment à la composition de la flore.

Nous ferons remarquer que plusieurs des lois générales que nous venons de rapporter sur la distribution des végétaux sont communes aux animaux, aussi le petit nombre des espèces dans les climats insulaires et dans la zone glaciale, et la grande multiplication des individus dans ces conditions ont été indiquées depuis longtemps.

Les animaux se trouvent si étroitement liés aux végétaux qui font la base de leur alimentation, que l'on ne doit point s'étonner que la distribution géographique des êtres organisés végétaux n'ait la plus grande influence sur leur habitation.

Il est bien plus difficile d'établir les lois de distribution des êtres organisés animaux, que celle des êtres organisés végétaux ; car les premiers peuvent, suivant leur besoin, changer d'habitation, de patrie,

de climat, suivre la saison qui leur convient en se transportant d'un lieu à un autre : ainsi les animaux marins, un grand nombre d'oiseaux se déplacent constamment, et les mammifères eux-mêmes se répandent quelquefois bien loin de leur habitation ordinaire.

On a observé depuis longtemps que sous les mêmes latitudes, dans les mêmes climats, dans les mêmes conditions physiques et biologiques, les végétaux et les animaux présentaient des différences si tranchées, appartenaient la plupart à des espèces, à des genres, à des familles si éloignées de celles qui peuplent les autres terres, avaient enfin des caractères tellement propres à leur patrie, isolée du reste par de grandes barrières, telles que l'Océan, ou de grandes chaînes de montagnes, qu'il fallait nécessairement en conclure que dès le commencement la flore et la faune avaient été spéciales, propres à ces terres.

Nous terminerons cet exposé rapide des lois qui régissent la distribution des êtres organisés, et leurs relations avec la configuration des terres et avec les climats, par quelques considérations sur l'emploi des débris organisés fossiles pour déterminer les différentes époques géologiques, comparer entre elles les diverses formations, et enfin pour apprécier la température des lieux dans lesquels ces êtres ont vécu.

Les débris organisés n'ont de valeur réelle et positive pour la détermination de l'âge des terrains, et

surtout pour la détermination de la température des lieux dans lesquels on les trouve que lorsqu'il est bien établi qu'ils ont vécu là où ils sont enfouis de nos jours.

Tous les débris organiques qui ont été transportés soit par les fleuves, soit par les courants marins, ne peuvent pour ainsi dire rien apprendre sur la température du sol et sur la contemporanéité des formations, car ils peuvent avoir été transportés alors qu'ils s'étaient déjà fossilifiés dans des formations plus anciennes, mais ils peuvent nous indiquer par leur abondance et leur nature que la formation dans laquelle ils se trouvent est fluviatile, marine ou fluvio-marine. Les formations lacustres peuvent à la fois réunir les caractères des formations fluviatiles et marines. Ainsi les tourbières du port Famine contiennent des arbres enfouis sur place, des arbres charriés par les courants et déposés par les grandes marées, et comme elles sont parcourues par une rivière assez puissante, et inondées par les grandes marées elles peuvent réunir à la fois des coquilles terrestres, des coquilles lacustres, des coquilles marines, des végétaux terrestres et des végétaux marins.

Supposons qu'on ait découvert un vaste gisement de végétaux fossiles présentant soit les caractères propres aux formations fluvio-marines, soit aux formations lacustres ; qu'on ait déterminé par la position des coquilles, des débris d'animaux, par la position des végétaux, que ces divers êtres organisés ont vécu sur place et ont été enfouis par la puissance du

temps qui perpétue la vie sur les débris des êtres vivants qui meurent et s'enfouissent dans le sol; on pourra conclure de l'identité ou de la similitude des êtres organisés à la contemporanéité des deux formations dans lesquelles ces êtres organisés auront été déposés.

Mais de ce que ces végétaux et ces animaux appartiennent à des espèces qui vivent aujourd'hui à 15 ou 20° plus au nord ou plus au sud, faudra-t-il conclure à une augmentation ou à un abaissement de la température générale de la terre? Nous ne le pensons pas; car nous avons démontré que la configuration des terres, que les conditions climatériques, avaient une influence considérable sur la distribution des espèces végétales et animales, et que dans la zone tempérée, la faune et la flore tropicales pouvaient s'élever au nord à une distance bien plus grande que dans les climats continentaux; il suffirait pour s'en convaincre de comparer la latitude à laquelle s'élèvent les figuiers en Europe, sur la côte occidentale, et en Russie. Il faudrait donc, avant de déterminer la température moyenne dont jouissait le sol où ont vécu ces êtres organisés, connaître approximativement au moins la configuration des terres à l'époque et dans les lieux où ils ont vécu; sans cela, il est complétement impossible d'arriver à des données exactes.

On a admis généralement, dans les diverses théories que l'on a présentées sur les révolutions du globe, que les terres avaient probablement augmenté peu à

peu d'étendue par des soulèvements successifs qui auraient groupé les terres de manière à former de grands continents, pendant que d'autre part, et comme conséquence du soulèvement, un grand nombre de terres étaient abaissées au-dessous du niveau de la mer. Aussi en Europe, pendant l'époque silurienne, les terres ne formaient que des masses isolées assez nombreuses, mais peu étendues, de petites îles; pendant l'époque de la formation houillère, les terres prennent une plus grande étendue et se couvrent d'une végétation magnifique; l'étendue des terrains inondés augmente encore par le soulèvement des terrains houillers, par celui de la formation du lias, prend un grand développement par le soulèvement des terrains jurassiques et crétacés; enfin, la mise à sec des terrains tertiaires a donné à peu près à l'Europe la configuration actuelle.

Si nous suivons la flore fossile dans ces divers terrains, nous la voyons suivre les lois indiquées plus haut pour la distribution géographique des végétaux; elle est d'abord insulaire; elle prend successivement les caractères des flores péninsulaires, littorales et continentales. Notons : 1° que dans les climats insulaires, la température moyenne de l'année est supérieure à celle des continents aux mêmes latitudes; 2° que la végétation y est plus belle, et qu'il y a généralement prédominance des végétaux acotylédonés et monocotylédonés dans les climats de température élevée; en conséquence, la disposition des terres était extrêmement favorable à la végétation houillère.

Les terrains houillers ont été formés tantôt dans des lacs en France, en Allemagne, en Silésie; d'autres dans des estuaires où la mer pénétrait quelquefois; d'autres dans des golfes, dans lesquels les plantes terrestres pouvaient s'accumuler (D'Aubuisson, t. II, page 269).

Les îles de la Nouvelle-Zélande, de 290 à 320 lieues de longueur et parcourues par une ligne de montagnes dont les sommets atteignent 4000 mètres, et qui sont couvertes de neiges perpétuelles, sont arrosées par des rivières puissantes qui viennent former des estuaires, des fondrières, à leur embouchure. On connaît sur ces îles 60 espèces de fougères dont plusieurs arborescentes, et un certain nombre d'espèces de palmiers. Voici donc un exemple de flore insulaire offrant une analogie avec la flore houillère, et dans un pays situé entre le 35 et le 47° latitude, et dont la température moyenne doit être semblable à celle de Hobart-Town, 42° 45′ de latitude sud, et qui est 12°. Aussi on peut admettre que les îles de la Nouvelle-Zélande jouissent d'une température moyenne de 12 à 15°.

La Jamaïque, 17°,50′ N.; la Havane, 23°,9′; Batavia, 6°,9′ S., jouissent de flores insulaires magnifiques et comparables à celles de nos anciens terrains houillers : leur température moyenne est de 25 à 27°. La température moyenne de l'Angleterre et de la France varie entre 9 et 10° [1]. En supposant les conditions climatologiques les plus favorables, en supposant que

[1] Édimbourg, 8°6′.

la France fut formée par une suite de grandes îles qui se rattachaient au continent africain, et admettant que sa configuration plus favorable puisse augmenter la température moyenne de l'Angleterre de 4 à 5°, et la porter de 10° à 12 ou 15° comme à la Nouvelle-Zélande et à la terre de Van-Diemen, une augmentation dans la température générale du globe de 5° suffirait pour se rendre compte de la flore insulaire et équatoriale des terrains houillers. Mais si l'on ne s'aidait point ici de cette influence du climat littoral, il faudrait admettre une augmentation de température d'au moins 18 à 19° qui, ajoutée à la température de Paris 10°,1, donnerait pour température moyenne 29 à 30°, mais, évidemment, l'augmentation serait la même dans la zone équatoriale, où la température moyenne se serait alors élevée aussi de 18° : 28° + 18° donneraient 46° en température moyenne. Je ne crois pas que cette température soit favorable au développement des êtres organisés comme l'indiquent la stérilité des climats qui atteignent à la température 30° Abyssinie, et l'intermittence de ces végétations dans les climats excessifs. On a trouvé dans les terrains houillers des terrains équatoriaux des plantes de genres et de familles semblables à ceux des terrains carbonifères des climats tempérés : ce qui ne peut s'expliquer qu'en admettant une distribution de la chaleur plus favorable dans ces climats que dans les climats insulaires ou littoraux.

La similitude des terrains houillers de l'île Melville et du Spitzberg avec ceux de nos climats n'est

nullement démontrée, et M. Durocher a publié dernièrement des observations tendant à démontrer que les débris organisés de ces houillères ne contiennent ni fougères arborescentes ni steppes de palmiers, comme on l'avait supposé, mais bien de grands fucus semblables à ceux qui vivent dans le Nord.

A mesure que nous nous rapprochons de l'époque moderne, que les terres augmentent d'étendue, les végétaux deviennent plus nombreux en espèces, les animaux paraissent et suivent une distribution analogue, ils présentent aussi tout d'abord des organisations très-simples et sont très-nombreux en individus appartenant à un petit nombre d'espèces, mais le nombre des genres et des familles augmente lorsque la flore devient de plus en plus riche; les terres prennent plus d'extension; en conservant longtemps encore le climat insulaire, et cela jusqu'au moment où les terrains tertiaires sont relevés; pendant cette période la température générale du globe se rapprochait beaucoup de celle que nous avons aujourd'hui, bien que les circonstances climatologiques fussent cependant plus favorables. L'Europe a eu après la mise à sec des terrains tertiaires et pendant un certain temps un climat continental, et c'est alors qu'elle a été parcourue par les grands animaux voyageurs dont nous trouvons aujourd'hui les débris enfouis dans les couches des terrains pliocènes; à la fin de cette période est arrivé un double cataclysme; l'affaissement de la Scandinavie, l'immersion des plaines de la Russie, de la Finlande, du Danemark, de la Prusse, de la

Pologne, de l'Allemagne, à cette époque correspond l'immersion qui a produit la présence de la mer Méditerranée. L'Europe a été transformée tout à coup en presqu'île, bornée au sud par la Méditerranée, à l'est par la mer Noire, le Caucase, la mer Caspienne et l'Oural; au nord, par la mer du Nord qui a recouvert toutes les plaines de l'Europe septentrionale jusqu'aux montagnes du Hartn et jusqu'aux plateaux de Moscou. Les grands animaux qui parcouraient le vaste continent, qui s'étendait de l'Afrique au nord de l'Europe, se sont éteints, soit qu'ils aient péri dans le cataclysme, soit qu'ils aient été victimes de la modification introduite dans le climat. Les glaciers à cette époque ont pris une extension considérable par suite de la nouvelle configuration géographique et ont recouvert les Alpes scandinaves et toutes les chaînes de l'Europe.

Après un nombre d'années considérable sans doute, les terrains erratiques du Nord ont été relevés, et avec eux le sol scandinave, la Finlande, la Laponie. Le climat de l'Europe s'est alors modifié de nouveau, il a eu des étés plus chauds des hivers plus secs, des conditions hygrométriques moins favorables à la formation des glaciers. La température moyenne s'est élevée probablement de 2 à 3°, et est restée, à une très-petite différence près, la même depuis ce dernier grand phénomène géologique produit par la mise à sec des terrains erratiques du Nord et par le relèvement des glaciers alpins au sommet des montagnes de la Suisse.

Digitized by Google

Nous avons étudié les glaciers et les glaces flottantes des régions polaires ; nous avons comparé les glaciers des zones arctiques à ceux des zones tempérées, puis les glaciers et les glaces flottantes du pôle boréal et du pôle austral ; nous avons attribué l'extension, la puissance plus considérable des glaciers et des banquises de ce dernier hémisphère à des conditions climatologiques plus favorables, et nous nous sommes efforcé de rendre compte de toutes les modifications que présentaient les neiges éternelles, en les expliquant par les lois météorologiques. Nous venons d'étudier les glaciers et le climat des terres magellaniques, résumons cette série d'observations.

Cette étude ne présenterait que des exceptions, si l'on n'avait pas recours, pour l'analyse des faits, aux lois générales de la distribution de la chaleur, des pluies, à l'étude des courants, des vents, qui mêlent les températures atmosphériques, comme les courants mêlent les températures de la mer, et enfin à l'étude de la configuration des terres. Tous les agents atmosphériques, toutes les circonstances géognostiques ont une action remarquable sur la distribution de la chaleur, et par conséquent une action puissante sur la distribution géographique et sur la limite inférieure des neiges perpétuelles. M. A. de Humboldt, dans ses voyages, dans ses nombreux et immortels travaux, a étudié avec un soin remarquable l'action réciproque des divers agents météorologiques et leur rapport avec la con-

figuration des terres et la distribution des êtres organisés. Dans son dernier ouvrage, *Asie centrale, et recherches sur les chaînes de montagnes et la climatologie comparée*, le savant voyageur a discuté et comparé les diverses influences qui modifient le climat de l'Asie centrale, et lui impriment des caractères particuliers, et nous a donné une analyse des causes auxquelles on peut rapporter l'inégale hauteur de la limite inférieure des neiges perpétuelles sur les versants de l'Himalaya, dont les neiges, élevées à 5,185 mètres vers le nord, descendent au sud, 1,111 mètres plus bas.

En étudiant avec un très-grand soin tous ces travaux de météorologie et ceux qui appartiennent à MM. Arago, Kaemts et Mahlmann, nous avons cru reconnaître que les diverses causes qui, en se superposant, modifient les qualités météorologiques d'un pays, pouvaient toutes se rapporter à la disposition relative des terres et des mers, et qu'en divisant les zones de la terre en climats insulaires, péninsulaires, littoraux et continentaux, et en étudiant les caractères propres à chaque climat, sous le rapport de la distribution de la chaleur, des pluies, des vents, de la limite des neiges perpétuelles, de la végétation, etc., on pouvait démontrer que dans *les mêmes latitudes*, les conditions climatériques étaient dans un rapport constant avec la configuration du sol et son étendue relative avec la mer; en un mot, que les désignations climat insulaire, péninsulaire, littoral, continental, en même temps

qu'elles indiquent la forme et le rapport des terres et des eaux, donnent, pour ainsi dire, une mesure relative des températures, des pluies, des glaciers, de la végétation propre au pays. Pour démontrer cette influence, ce rapport de la configuration des terres sur les climats, nous avons étudié comparativement les températures des îles, des rivages et des continents dans les mêmes parallèles; nous avons fait un travail semblable pour la distribution et la limite inférieure des glaciers; mais il nous a été impossible de donner une table des pluies; le nombre des observations faites sur cette question étant trop limité, nous nous sommes appuyé sur cette loi générale : que l'humidité de l'atmosphère et la quantité de pluie qui tombe dans l'année vont en diminuant des îles aux rivages, et des rivages aux continents, ou que les qualités hygrométriques d'un lieu vont en décroissant du climat insulaire au climat continental. Nous avons essayé d'étudier et de comparer les caractères de la végétation et des flores dans les îles et les continents, et nous sommes arrivé à des résultats généraux qui confirment notre opinion sur l'influence de la configuration des terres.

Nous prenons le mot climat dans son interprétation générale; le climat est pour nous la résultante de toutes les qualités thermométriques, hygrométriques, etc., d'un lieu; qualités qui se rapportent à sa position en latitude, à sa hauteur, à son étendue, et à sa position par rapport à la mer.

Pour pouvoir apprécier, mesurer en quelque

sorte les qualités thermométriques propres aux climats, nous avons dressé des tables de température des lieux situés dans les mêmes latitudes de cinq en cinq degrés, en ayant soin de choisir les villes dont les températures sont bien connues, et qui ne sont pas trop élevées au-dessus du niveau de la mer, afin qu'on pût soumettre leurs températures à une comparaison aussi exacte, aussi logique que possible.

Ces tables, qui ont été établies sur celles de Mahlmann, font ressortir immédiatement les caractères qui appartiennent à chaque climat dans des latitudes semblables, les modifications que présentent ces caractères climatologiques dans les diverses latitudes, depuis le pôle jusqu'à l'équateur, et enfin les lois générales que suivent les températures moyennes lorsque les températures extrêmes présentent des différences croissantes ou décroissantes (*voyez* à la fin du volume).

1° On reconnaît tout d'abord que les climats insulaires jouissent de températures moyennes plus élevées que les climats littoraux et continentaux, et qu'en même temps les différences entre les moyennes des températures extrêmes du mois le plus chaud et le plus froid présentent des différences beaucoup moins grandes.

Ainsi, dans la première table, les températures moyennes varient entre — 9° 7′, température moyenne de Jakousk (62° latitude nord), climat continental, et 4°, moyenne de Reikiavig, Islande, cli-

mat insulaire (64° 8′, longitude nord). Les températures extrêmes entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid sont de 68° à Jakousk et de 15° pour Reïkiavig. Uléaborg (65° latitude nord), climat péninsulaire, a une température moyenne de 0° 7′, et la différence entre les températures extrêmes est de 29°.

2° Si l'on compare ces caractères climatologiques des climats dans les diverses latitudes, on reconnaît que ces caractères présentent entre eux des différences de moins en moins considérables. Ainsi, dans la première table (latitude 70 à 65°), les différences entre les températures moyennes du climat littoral et du climat continental varient entre —9° et 4°. Les différences entre les températures extrêmes varient entre 68° et 15°. Dans la deuxième table (latitude 60 à 55°), les différences entre les températures moyennes varient entre —3° 6′ et + 8° 6′. Les différences entre les températures extrêmes, entre 34° et 10°. Dans la quatrième table, latitude 50 à 45°), les températures moyennes varient de 6° 5′ à 11° 1′; les températures extrêmes de 28° à 12°. Dans la cinquième table (latitude 45 — 40°), les températures moyennes varient entre 8°, 9° et 17°; les températures extrêmes entre 24° et 16°. Dans la dernière table, entre 20° et 10°, les moyennes varient de 26° à 29°; les extrêmes entre 7° et 3°. Entre 10° et l'équateur, les moyennes varient entre 26° 5′ et 29°, et les extrêmes entre 6° et 3°; en sorte que nous devons logiquement conclure que les climats insulaires, péninsulaires, littoraux et continentaux présentent entre eux des différences de moins

en moins grandes en allant du pôle à l'équateur.

3° En étudiant comparativement toutes ces tables, on voit que dans chacune d'elles les températures moyennes de l'année croissent d'une manière générale, quand les différences entre les températures extrêmes de l'été et de l'hiver, du mois le plus chaud et du mois le plus froid, deviennent de moins en moins grandes.

Ainsi ces tables établissent un fait déjà indiqué, que dans les climats insulaires les températures moyennes sont généralement plus élevées et présentent, dans les diverses saisons, des différences moins grandes que dans les autres climats à même latitude ; que dans les climats péninsulaires et littoraux, les températures moyennes sont en général plus élevées que dans l'intérieur des terres et les différences moins considérables entre les saisons ; que dans les climats continentaux les températures moyennes présentent le chiffre le plus bas, et les températures extrêmes les différences les plus grandes.

Ces lois révèlent aussi une loi générale que je n'ai vu indiquée dans aucun ouvrage, que les températures moyennes croissent très-généralement quand les différences entre les températures extrêmes diminuent.

Nous avons admis que la quantité de pluie qui tombait dans l'année et l'état hygrométrique de l'atmosphère allaient en diminuant du climat insulaire (maximum) au climat continental (minimum).

Les conditions thermométriques et hygrométriques des climats présentent ce rapport, que la quantité

de pluie et de neige qui tombe sur un même parallèle va en augmentant dans les lieux où les températures moyennes s'élèvent, en diminuant dans les lieux où les températures moyennes s'abaissent et où les températures extrêmes présentent la plus grande différence, les neiges perpétuelles se trouvant en fonction de la quantité de neige qui tombe pendant la mauvaise saison, et de la température extrême de l'été qui fond les neiges. Nous devons en conclure que dans les climats insulaires, où les températures moyennes sont assez élevées, et où cependant les températures estivales sont très-douces, les glaciers présenteront le plus grand développement possible; ce sera précisément le contraire pour les climats continentaux. En comparant les glaciers dans les climats insulaires, péninsulaires, littoraux et continentaux, nous avons vu que dans les premiers climats, la limite des neiges perpétuelles descendait extrêmement bas, un peu moins dans les climats péninsulaires, s'élevait dans les climats littoraux, et présentait la plus grande hauteur dans les climats continentaux. Remarquons bien ici que nous ne tenons point compte des glaciers, qui descendent plus ou moins bas suivant la pente, suivant la puissance des mers de glace, mais seulement de cette limite inférieure des neiges perpétuelles qui, vue de loin, forme la bordure inférieure du manteau de glace qui recouvre les montagnes. Cette ligne est généralement très-régulière, ou ne fait que de très-petites oscillations sur une même chaîne de montagnes dans la même latitude.

Les voyageurs qui ont parcouru le littoral de l'Amérique occidentale ont tous observé cette ligne régulière qui indique la limite des neiges perpétuelles qui couvrent les sommets des Cordillères.

Il suffit de lire la table[1] que nous avons faite en distribuant les montagnes neigeuses suivant leur climat, pour s'assurer de l'exactitude de la loi générale que nous avons déjà indiquée. Ainsi il est établi, et par l'observation et par le raisonnement, que ce sera dans les climats insulaires et péninsulaires que les neiges perpétuelles auront la plus grande extension. De ces deux lois, que dans les climats insulaires on a une température moyenne assez élevée, des conditions hygrométriques très-favorables, on peut conclure que dans ces climats on peut avoir une flore et une faune en rapport avec l'élévation de la température moyenne, la douceur des hivers, la température modérée des étés et en même temps des glaciers très-puissants. Comme exemple, nous citerons l'Islande 65° nord, l'Ounalachka 53° 44′ nord, le détroit de Magellan 53° 44′, Chiloé 41° 43′, que les voyageurs ont décrits comme des climats exceptionnels, et qui, suivant nos recherches, rentrent tout à fait dans les lois générales de la géographie physique. Revenons un instant sur la limite inférieure des neiges perpétuelles dans chaque climat, et comparons leur hauteur sur les montagnes situées sous des latitudes semblables, mais dans des conditions météorologiques différentes.

[1] A la fin du volume, table 13.

La limite des neiges perpétuelles est en Laponie, d'après Walhemberg, à 1,005 mètres sur la côte norwégienne, et à 1,255 sur le versant suédois : c'est une différence de 250 mètres. Il est bien évident ici que cette différence est due et aux conditions hygrométriques plus favorables sur la côte norwégienne, et à la douceur de l'été sur cette même côte. A Bergen en Norwége, il tombe pendant l'année 2m,25 d'eau, tandis qu'à Stockholm il n'en tombe que 54 cent. (Bergen est la ville célèbre par ses pluies). Dans l'île Majeroé, latitude nord 71° 15', la limite des neiges inférieures est 720 mètres ; dans la Norwége intérieure par 70° et 70° 15', elle s'élève à 1072 mètres, 320 mètres plus haut. La température moyenne de l'île Majeroé est 0° 2', la température de l'été 6° 4' ; dans la Norwége intérieure, la moyenne de l'année est — 3°, celle de l'été 11° 2'. La différence de 352 mètres doit être attribuée à la différence de température estivale et aux conditions hygromètriques, plus favorables à Majeroé à l'extension des glaciers, bien que sa température moyenne soit plus élevée (v. la table, n° 73).

En Islande, sur l'Osterjockull, 65° nord, la limite des neiges perpétuelles est à 936 mètres au-dessus du niveau de la mer ; la température moyenne de l'année est 4° 5' ; celle de l'été 12. Dans la Norwége intérieure, par la latitude de 66° à 67° 30', la limite est à 1,266 mètres au-dessus du niveau de la mer.

L'île d'Ounalachka, 53° 44' nord, a sa limite des

neiges à 1070 mètres; le détroit de Magellan, 53° 54′ sud, à 1130 mètres; même latitude, même climat dans les deux hémisphères, limite des neiges très-semblable. Sur le volcan Chevelutch, dans le Kamstchatka, 55° 40′, climat péninsulaire, les neiges s'élèvent à 1600 mètres.

Dans les Alpes 45° 46′—46°, les neiges s'élèvent à plus de 2708 mètres. Plusieurs géologues qui s'occupent spécialement de l'étude des glaciers m'ont assuré que sur le versant nord-ouest, les neiges descendent plus bas que sur le versant nord, circonstance qui s'expliquerait très-bien par l'influence des vents de sud-ouest, qui sont les plus humides, qui soufflent sur cette contrée. Entre le 42° et le 43° de latitude nord nous trouvons les Pyrénées et le Caucase, entre le 41° et le 43° de latitude sud Chiloé; la hauteur des neiges dans ces trois points, qui appartiennent à trois climats différents, va nous donner des différences très-remarquables dans la limite inférieure des neiges perpétuelles.

Chiloé, 41°—43°5′.	Pyrénées, 42°—43°.	Caucase, 42°—44′.
Lim. 1900m.	2738m.	3235m.

La température de l'été, près de Chiloé, est extrêmement douce; toutefois le blé n'y mûrit pas, bien que la température moyenne de l'année soit cependant assez élevée; d'après Darwin, la végétation y est de toute beauté; les plaines qui entourent les Pyrénées et le Caucase ont, au niveau de la mer, une température estivale moyenne de 22° à 24°. Entre

ces trois points, nous avons des différences de 828 mètres entre Chiloé et les Pyrénées; de 624 mètres entre les Pyrénées et le Caucase. La limite inférieure de Chiloé est, je crois, un peu trop basse; elle se trouve ici en rapport avec les conditions hygrométriques. M. Darwin, qui a vu cette île et étudié ses productions, dit dans son journal qu'il ne croit pas qu'il y ait dans les pays tempérés un lieu où il tombe plus de pluie. « *I should think there are few* » *parts of the world, within the temperature regions,* » *where so much rain falls.* »

En comparant les montagnes situées sous le 37° parallèle on obtient des résultats vraiment très-remarquables. La température des plaines près de la mer est, sous cette ligne, de 24 à 25°.

Sicile, Etna,	37°10' E. N.	Sierra Nevada,	37°10' N.
(Cl. insul.) Lim.	2905m	(Cl. péninsul.) Lim.	3910m.
Mont Argæus,	38° 33'.	Mont Ararat,	39° 42'.
(Cl. littoral,) Lim.	3266m.	(Cl. contin.) Lim.	4410m.

Mont Bolor, 37° 30'.
(Cl. contin.) Lim. 5067m.

Les monts Argæus et Ararat se trouvent dans un climat qui se rapproche de plus en plus du climat continental. Enfin, nous trouvons entre les deux versants de l'Himalaya une différence de 1111 mètres pour le versant méridional où les neiges ont la plus grande extension, parce que les moussons versent sur leurs cimes une immense quantité de neige, et que d'autre part les étés sont plus chauds au nord qu'au sud de l'Himalaya.

Si nous prenons les chiffres donnés par MM. Webb et Milem, dans leur voyage de l'Himalaya, nous trouverons entre les limites des neiges perpétuelles au versant nord et au versant sud, une différence de 1170 mètres.

La côte de l'Amérique occidentale semble présenter une exception. En effet, la limite des neiges sur la pente maritime est plus élevée que sur la pente continentale, elle est là en rapport avec les conditions hygrométriques exceptionnelles de la côte péruvienne et chilienne, où, entre le 10° et le 25° de latitude sud, il ne pleut jamais. Dans la partie méridionale des Cordillères, à partir du 40° de latitude sud, les neiges perpétuelles descendent plus bas sur le versant occidental que sur le versant oriental.

L'analyse du tableau que nous avons présenté et les considérations physiques que nous avons données sur les glaciers, nous permettent donc de conclure que les glaciers ont très-généralement une plus grande extension dans les climats insulaires, péninsulaires, que dans les climats littoraux, et dans ceux-ci plus d'extension que dans les climats continentaux. Ainsi le raisonnement et l'observation permettent de concevoir dans un climat insulaire ou péninsulaire des glaciers très-étendus et une température moyenne assez élevée.

Nous avons à tenir compte, pour les températures et pour les qualités hygrométriques des climats de la hauteur des terres, et pour les neiges perpétuelles de la hauteur des montagnes. Nous avons comparé la

température des lieux les plus élevés sur lesquels on a des données positives, et nous avons été très-étonné de trouver que les températures moyennes de l'année fussent assez élevées : Saint-Gothard a 2,905 mètres, température moyenne 0° 8'; différence entre les températures de l'été et de l'hiver, 14° 3'; Saint-Bernard, à 4,843 mètres, 1° 0'; différence entre les températures de l'été et de l'hiver, 14° 9'; Quito, à 2,914 mètres, 15° 6'; différence entre les températures moyennes extrêmes, 0° 2'; Santa-Fé de Bogota, à 2,631 mètres, température moyenne, 15°; différence entre les températures de l'hiver et de l'été, 0° 2', et quelques autres; d'où l'on pourrait conclure que les sommets très-élevés, qui forment pour ainsi dire des îles dans l'océan aérien, jouissent de la température des climats insulaires (voir la table, n° 12). Les grandes sommités auraient-elles à la fois les qualités hygrométriques et thermométriques des îles, et seraient-elles par cela même favorables au développement des glaciers?

Dans les divers ouvrages de météorologie, dans les relations de voyages scientifiques on trouve quelques observations sur la douceur du climat dans les îles. Darwin (*Journal of researches in geology and natural history*) a bien fait remarquer que le climat du détroit de Magellan offrait à la fois une température moyenne assez élevée, des hivers très-doux, une flore et une faune d'une nature plus élevée, et que cependant les glaciers descendaient en plusieurs parties de la Terre-de-Feu et du détroit jusqu'au niveau de la mer; mais on avait considéré ce fait

comme une exception. M. de Humboldt, dans le savant ouvrage que nous avons cité, avait fait remarquer aussi que les îles, les rivages des continents péninsulaires comme l'Europe jouissent de températures plus constantes; que les lignes isothermes près des rivages remontent généralement au nord; mais personne jusqu'à présent n'avait démontré par des tables, personne n'avait cherché à mesurer d'une manière précise, latitude par latitude, l'influence des climats sur les températures, les pluies, la limite des neiges. Cette étude comparative des climats est surtout d'une très-haute importance dans ses applications à la distribution géographique des êtres organisés. On comprend très-bien que, dans les climats tempérés compris entre le 33° et 45°, entre 45° et 55° latitude nord, toutes modifications dans la configuration des terres auront de l'influence sur la distribution des êtres organisés. Si l'Angleterre venait à être réunie, par le soulèvement d'un continent, à la presqu'île scandinave et à la France, la faune et la flore seraient profondément modifiées, les températures de l'été seraient plus vives, les hivers plus froids, et dans ce climat continental nous verrions probablement la limite inférieure des neiges s'élever sur les Alpes scandinaves.

Supposons que le continent au milieu duquel s'élève le mont Bolor soit submergé; que la mer, envahissant les plaines du Nord, vienne mouiller sa pente septentrionale; que, d'autre part, les mers de l'Inde, recouvrant les vastes plaines de la Perse et

de la Chine, viennent entourer de toutes parts, en se réunissant à la mer du Nord, le colosse asiatique; cette chaîne formerait alors une île d'une grande étendue et qui se trouverait dans la même latitude que la Sicile, 37° 30'. Isolé au milieu d'un océan, l'Himalaya serait dans les conditions hygrométrique les plus favorables à l'extension des glaces, et il est très-probable que la ligne des neiges perpétuelles s'abaisserait au-dessous de 2905, limite des neiges de l'Etna, et descendrait par conséquent de plus de 2280 mètres. Et si, d'autre part, nous venons à admettre que le continent asiatique n'a été que successivement émergé; que les chaînes de l'Altaï, de l'Himalaya, n'ont été d'abord, avec les terrains secondaires appuyés sur leurs flancs, qu'un petit continent profondément découpé par les mers intérieures dans lesquelles se formaient les couches des terrains tertiaires; lorsque ce terrain tertiaire a été mis à sec par des soulèvements partiels et successifs, les terres, en se groupant autour de la chaîne de l'Himalaya, ont nécessairement fait passer tour à tour ces montagnes du climat insulaire au climat littoral, au climat continental. A mesure que le continent a pris une plus vaste surface, les températures de l'été et de l'hiver ont présenté de plus grandes différences, les hivers ont été de plus en plus froids, les étés de plus en plus chauds; la température moyenne s'est abaissée d'un petit nombre de degrés, et cependant la limite des neiges perpétuelles, qui se trouvait à 2905 mètres au-dessus du niveau de la mer quand

l'Himalaya avait un climat insulaire, s'est élevée au sommet des montagnes jusqu'à 5185 mètres.

Les glaciers, en se retirant ainsi vers les faîtes, ont dû laisser dans les vallées inférieures des stries, des moraines, des blocs erratiques; mais les alluvions puissantes qui ont été produites par la fonte rapide des glaces dans les étés qui ont suivi le soulèvement des terres submergées, ont dû modifier ces dépôts, les remanier et leur ôter une partie des caractères qui permettraient de les reconnaître. Les moraines et les blocs placés sur les collines, en dehors de l'action des eaux, ont pu seuls conserver leurs caractères et leur position.

Les grandes vallées ont dû être creusées, sillonnées vers les pentes de l'Himalaya par les fleuves qui provenaient des glaciers; ces cours d'eau ont dû déposer dans leur cours jusqu'à leur embouchure les débris qu'ils avaient arrachés soit aux montagnes granitiques, soit aux terrains secondaires qu'ils avaient traversés, soit enfin, aux terrains tertiaires sur lesquels ils se creusaient un lit ou formaient des deltas en se jetant à la mer.

Ainsi, l'Obi et le Jenisseï auraient pu transporter au loin, dans leur course, les roches arrachées aux montagnes primaires de l'Himalaya, aux terrains secondaires qu'ils parcourent, répandre sur leur passage un grand nombre de dépouilles d'animaux, de végétaux appartenant à d'autres climats, et, par conséquent, différents des végétaux et des animaux qui vivent aujourd'hui dans ces contrées.

Faisons une hypothèse semblable en Europe ; faisons soulever le bassin de la Méditerranée, de manière que ce fond de mer soit complétement mis à sec, ces vastes terrains exondés, en réunissant ainsi l'Asie et l'Afrique à l'Europe, lui donneraient un climat éminemment continental; je ne doute pas que nous n'eussions alors des étés beaucoup plus chauds que ceux de notre époque; nous pourrions voir les glaciers de l'Etna disparaître, ceux de la Suisse s'élever de 1000 mètres. Un phénomène géologique aussi simple aurait cependant une immense influence : il est probable que les vallées du Rhône, du Rhin, du Pô, seraient dévastées par des inondations ; il se formerait sur leur lit des dépôts remplis de débris d'animaux qui habitent les montagnes ou les vallées supérieures. Les limites de culture seraient certainement modifiées, la vigne remonterait au nord, les fruits du dattier mûriraient dans nos provinces méridionales, les mammifères de l'Asie et de l'Afrique se répandraient pendant l'été dans l'Italie, dans l'Autriche, dans la France et peut-être plus loin dans le nord ; et toutes ces modifications seraient le résultat d'un phénomène géologique des plus simples.

CHAPITRE VIII.

Études comparatives des terrains erratiques de l'Amérique du Sud, et de celui du nord de l'Europe.

Nous avons décrit avec le plus grand soin les dépôts de la formation erratique dans le détroit de Magellan sur la Terre-de-Feu, dans la Patagonie et sur quelques points de la côte sud-est de l'Amérique. Nous avons fait aussi l'histoire des glaciers des régions polaires et celle des glaciers de l'Amérique méridionale; nous avons cherché les circonstances dans lesquelles les glaciers modernes présentent l'extension la plus considérable, et sans présenter aucune hypothèse, mais en nous appuyant simplement sur les faits les plus connus, les mieux établis, nous avons montré que la disposition insulaire des terres, dans les climats froids et tempérés, était éminemment favorable au développement des glaciers. Nous avons évité tout calcul, toute application des théories physiques de la chaleur solaire, de la chaleur terrestre, de l'hygrométrie, pour ne considérer que les faits eux-mêmes; nous n'avons voulu prendre pour guide

que l'analyse des phénomènes actuels. Cette analyse nous a indiqué de la manière la plus précise et la plus conforme aux opinions théoriques des physiciens que la disposition insulaire et péninsulaire des montagnes, et surtout des groupes de montagnes élevées, était la cause essentielle de l'immense extension des glaciers. Le cadre et le but de cet ouvrage ne me permettent pas de discuter toutes les théories émises sur ce sujet; l'étude et la réfutation de ces théories nous conduirait bien loin, et sans fruit pour nos lecteurs, car un grand nombre d'entre elles tombent d'elles-mêmes en présence des faits dont la science s'enrichit tous les jours; et il me semble que la démonstration d'une théorie parfaitement simple, vérifiable par les phénomènes actuels, complétement en rapport avec tous les faits connus et étudiés, est par elle-même la réfutation la plus convenable des théories qui reposent sur des hypothèses astronomiques ou sur de grandes convulsions de l'écorce du globe, que rien ne prouve dans ce cas, excepté le phénomène dont on recherche la cause.

Nous allons nous efforcer de retracer rapidement les caractères de la formation erratique dans le nord de l'Europe; nous montrerons ensuite les rapports remarquables que présentent entre eux ces dépôts, et nous verrons de la manière la plus précise que le dépôt erratique s'est formé pendant que les vastes glaciers du nord de l'Europe étaient sous les eaux; qu'à cette époque les glaciers devaient avoir une extension considérable, et que les blocs erratiques

ont été, pendant cette période, transportés par les glaces flottantes;

Que dans une temps peu éloigné, le nord de l'Europe a subi un soulèvement lent et continu qui a eu pour résultat une diminution considérable dans l'étendue des glaciers, qui sont peu à peu rentrés dans les limites que nous leur connaissons aujourd'hui.

Nous comparerons ensuite les phénomènes si bien étudiés du nord de l'Europe avec ceux que présente la formation erratique de l'Amérique méridionale, et nous acquerrons la preuve la plus absolue que le dépôt erratique s'est fait dans une mer parcourue par des glaces flottantes, pendant l'époque de la grande extension des glaciers, lorsque les terres se trouvaient, par leur disposition insulaire, éminemment favorables à l'accumulation des neiges.

Le dépôt erratique du nord a été formé dans une mer qui avait une immense surface, s'étendant d'une part à l'est jusqu'au pied de l'Oural, au sud-est sur les plateaux de Moscou, de Smolensk, au sud vers les montagnes du Harz, et couvrant ainsi la Russie, la Pologne, la Prusse, le Danemark, les Pays-Bas, et enfin s'étendant sur une partie de l'Angleterre. Le rivage de cette mer est rigoureusement indiqué par la limite méridionale des blocs erratiques, qui sont restés, pour ainsi dire, en témoignage de son existence et de son étendue. M. Durocher, dans un mémoire sur le terrain erratique[1], sur lequel M. Élie

[1] Voyage en Scandinavie et en Laponie en 1837, 1838, 1840. Géologie par M. Durocher.

de Beaumont a fait un rapport qui résume toutes les connaissances que la science possède sur ce sujet, a fait observer que la limite méridionale des blocs erratiques formait une immense demi-circonférence dont Stockholm serait le centre, et qui aurait pour rayon la distance de Stockholm à Moscou, 280 lieues. M. de Verneuil, dans sa carte géologique de Russie, qu'il a bien voulu nous communiquer, a tracé cette limite des blocs erratiques en Russie et en Pologne.

Il l'a indiquée à partir de Nikolskoi (61° latitude nord, 44° longitude est). Cette ligne passe, en descendant au sud-ouest, par Nichney, Riazan, s'étend jusque près de Voronech ; elle remonte au nord vers Toula, se perd dans les marais de Pinsk pour reparaître en Pologne, au sud de Cracovie. Cette ligne se dirige ensuite du sud-sud-est au nord-nord-ouest, au sud d'Oppeln, de Brieg, Breslau, Liegnitz, longe la frontière qui sépare la Saxe de la Prusse, passe à Leipsig, remonte vers le nord-nord-ouest, en suivant le côté nord des montagnes qui s'élèvent dans la partie méridionale de la Prusse, entre la Saxe et le Harz, côtoie les montagnes du Harz, passe à Hildesheim, à Hanovre, suit les montagnes du nord de la Westphalie, traverse les Pays-Bas un peu au nord de la frontière de la Belgique, et va se terminer aux côtes de la mer du Nord, en passant par Breda. Sur la côte orientale de l'Angleterre, à la base des montagnes du Cumberland, depuis le Cambridgeshire jusqu'au Lincolnshire, il y a des dépôts diluviens très-épais et très-réguliers, où se trouvent des blocs erratiques

de granite, dont une partie est arrachée aux montagnes d'Angleterre, et dont l'autre a été apportée de la Suède. Telle est la ligne-limite des blocs erratiques dans l'Europe, indiquée par MM. de Verneuil, Durocher, et par les géologues qui ont publié des travaux sur cet important phénomène.

M. Élie de Beaumont a appelé l'attention sur la disposition par zones concentriques des blocs erratiques, et a signalé ce fait important, que le dépôt erratique ne cesse pas complétement à la limite des blocs venus du nord, mais présente encore une zone formée uniquement des matériaux empruntés aux roches de la contrée, et surtout aux roches sous-jacentes, zone qui s'étend de la Manche aux monts Ourals. Nous reproduisons un fragment de cette note qui fait partie du rapport du savant professeur.

« Le terrain erratique du Nord est également en connexion avec un grand dépôt limoneux en dehors des bornes signalées ci-dessus, dans le vaste espace occupé par le terrain erratique du Nord; son bord extérieur semble encore être marqué par une bande limoneuse qui forme un des terrains les plus fertiles de l'Europe. Il existe en Pologne, d'après M. Puch, deux formations postérieures à la période des terrains tertiaires : l'une consiste en un dépôt d'argile très-puissant, qui a en certains endroits près de 200 mètres d'épaisseur, et qui forme une bande s'étendant depuis Cracovie jusqu'aux rives du Bug : c'est une marne très-fine, d'un jaune clair; on y trouve des coquilles d'eau douce et les ossements des grands animaux fos-

siles, éléphant, rhinocéros, mastodonte; cette formation, appelée *lehm*, est située au-dessous de la formation diluvienne proprement dite. Peut-être faut-il la rapprocher du limon jaune de la Hesbaye et de la Picardie, qui couvre une grande partie des plateaux du nord de la France et de la Belgique, depuis Maestricht jusqu'à Lisieux.

» Une autre partie du terrain erratique est bordée par une ligne limoneuse qui couvre une partie de la Russie.

» D'après M. le baron de Mayendorff, le chemin central qui unit les coteaux du Volga à ceux de Smolensk forme à peu près la limite de ce terrain d'humus végétal décomposé, appelé *Tschernozem* dans le pays, terrain noir, qui occupe, depuis ces collines, au nord, jusque vers les contrées du Don, au sud, et depuis le pied des Carpathes à Kamenietz, Podolsk, jusqu'au pied de l'Oural, une région de plus de 80 millions d'hectares du terrain le plus fertile. Le limon noir de la Russie paraît avoir son analogue dans certaines parties des plaines de la Prusse. « Déjà, dit M. Erman, on a comparé le terrain noir qui, en Russie, commence au sud et en dehors de la limite des blocs erratiques, avec le terrain tout à fait analogue par sa manière d'être et par sa situation relativement aux terrains erratiques du nord de l'Allemagne, qui se trouve sur la frontière de la province à Magdebourg. » Le limon de ces deux dernières contrées est sans doute différent du limon jaune de la Hesbaye et du Lehm de la Pologne; mais il est cepen-

dant remarquable de voir ces quatre lambeaux de terrains limoneux former par leur réunion une bande presque continue qui traverse l'Europe entière depuis la Manche jusqu'à l'Oural, en marquant, à peu de chose près, la limite du terrain erratique du Nord; c'est en quelque sorte une nouvelle zone à ajouter sur la circonférence extérieure de l'espace occupé par celles que nous avons signalées dans le terrain erratique lui-même. »

Nous rappellerons rapidement les traces que l'action diluvienne a laissées après elle dans les diverses parties de l'Europe septentrionale, et nous indiquerons les observations qui ont été faites dans chacune des contrées comprises dans la vaste demi-circonférence que recouvre le dépôt erratique. Nous commencerons par étudier la Suède et la Norwége comme centre de l'action diluvienne; nous étudierons ensuite successivement la Finlande, la Russie, la Pologne, le Danemark, la Prusse et les provinces du nord de l'Allemagne;

Nous chercherons enfin, dans l'analyse comparative de ces observations, les preuves qui nous font admettre que le phénomène diluvien du nord de l'Europe a été produit par un seul phénomène géologique, l'affaissement de la presqu'île scandinave et du sol sur lequel se sont déposés les blocs erratiques. Pour démontrer cet affaissement, nous nous efforcerons d'établir que le dépôt erratique est composé de couches stratifiées; que le sol de la Scandinavie a subi de fréquentes oscillations; que les rochers et les pla-

teaux granitiques de la Norwége et de la Finlande présentent, suivant les observations de MM. Sefstrom, Siljestrom, Böhtlingk et Durocher, des traces de l'irruption violente des eaux de la mer; que cette immersion, produite par l'abaissement de la Scandinavie et du sol sur lequel s'est déposé le terrain erratique au-dessous du niveau de la mer, a persisté pendant un temps assez long pour permettre la formation de ce dépôt arénacé et la dispersion des blocs erratiques détachés par l'érosion diluvienne. Nous montrerons, en prenant pour point de départ les observations météorologiques que nous avons présentées, que cette immersion, en diminuant les chaleurs estivales et en augmentant les conditions hygrométriques du nord de l'Europe, a été la cause de l'extension des glaciers en Scandinavie, en Suisse, et que, lorsque les terres se sont soulevées, ces glaciers, en se retirant au sommet des montagnes, ont laissé sur leurs traces des roches striées et des débris erratiques, moraines et osars.

Suède et Norwége. — *Stries.* — Les stries observées par M. de Lasteyrie et M. A. Brongniart[1], qui les avait rapportées aux courants diluviens, ont été mesurées dans ces dernières années par M. Sefstrom entre le 56° et le 61° de latitude nord. En suivant pas à pas le travail de M. Sefstrom, on voit que ces directions subissent un très-grand nombre de variations, même dans des localités très-voisines. Ces variations dépassent souvent 25°; cet auteur pense

[1] Annales des sciences naturelles.

qu'elles ont été produites par les accidents de terrain. Un grand nombre d'observations ont été faites par M. Sefstrom en Norwége, par M. Böhtlingk en Suède, en Laponie ; par M. le professeur Keilhau et M. Daubrée dans diverses parties de la Norwége et de la Suède, et on doit reconnaître aujourd'hui que les stries et les traces de transport divergent à partir des régions culminantes suivant la ligne de la plus grande pente des massifs ; les directions des stries suivent très-généralement le cours des vallées en se conformant à ses principales courbures. Cette opinion a été exprimée dans tous les mémoires publiés sur la Norwége et la Suède, par M. Keilhau, M. Sefstrom et M. Daubrée. Aussi on doit admettre que l'agent qui a strié le sol scandinave avait son point de départ dans les cimes neigeuses de la Norwége et a suivi les grandes vallées qui en descendent, de la même manière que les glaciers ont strié les montagnes des Alpes.

Ce n'est que loin du point de départ, loin des montagnes scandinaves, sur les plateaux faiblement ondulés de la Scanie, de la Finlande, que les stries prennent une direction plus constante, qui avait été prise d'une manière trop exclusive comme caractéristique du dépôt erratique du Nord.

M. Böhtlingk a publié sur les stries de la Suède, de la Norwége et de la Laponie, et sur le phénomène diluvien, des observations intéressantes consignées dans les Mémoires de l'Académie de Saint-Pétersbourg.

Dans une lettre adressée à M. de Beaumont

(*Comptes rendus*, v. 12), cet auteur a résumé de la manière suivante ses opinions sur la formation des stries :

« Nous trouvons généralement que le côté choqué regarde du côté des plateaux principaux de la contrée; c'est de ces plateaux que paraît être partie l'impulsion qui a déterminé la direction du transport des blocs qui ont creusé les stries.

» Les montagnes isolées, même lorsqu'elles ont plus de 1,000 pieds d'élévation, produisent, seulement dans les stries, une déviation latérale tout à fait locale, pareille à celle occasionnée par de petites roches de quelques pieds d'élévation. Les grandes vallées ont encore une influence très-marquée sur la direction des stries. C'est à cette influence que doit être rapportée la déviation que les stries présentent, comme le montre la carte du midi de la Suède, vers le grand enfoncement de l'océan Atlantique, et la manière frappante dont les stries tournent vers le nord sur la côte occidentale de la Laponie vers la mer Glaciale [1]. Les petites vallées, lorsqu'elles sont étroites et bordées par de hautes murailles de rochers, comme il arrive si souvent en Norwége, déterminent la direction des stries qui suit l'axe longitudinal de la vallée; mais alors, sur les hauteurs qui bordent ces crevasses, on trouve la direction normale, qui fait quelquefois un angle de 50° avec celle observée dans la vallée.

[1] Cette note est publiée dans le Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg, t. VII, n°s 8, 9, 13.

« Les roches, là où une couverture de sable ou d'argile les protége contre l'action atmosphérique, paraissent être aussi bien usées et aussi bien rayées à une hauteur de plus de 3,000 pieds, que là où leur base est encore baignée par la mer ; et même au-dessous de la mer, aussi loin que l'œil puisse pénétrer à travers une eau claire et limpide, l'usure de la roche est également parfaite. »

Pour expliquer la sulcature du sol, Böhtlingk a eu recours à une élévation subite de toute la partie montueuse de la Scandinavie. Il suppose que cette élévation a été faite sous une masse d'eau considérable, dont la puissance de mouvement, excitée par le soulèvement du sol, a été assez grande pour démanteler les roches et porter leurs débris à 200 lieues.

Böthlingk admet donc le soulèvement de la Suède et de la Finlande. Voici ses propres paroles : « Dans la Scandinavie, la Finlande, la Laponie et les provinces environnantes, on trouve jusqu'à 800 pieds de hauteur les traces les plus certaines d'une retraite récente de la mer, occasionnée par une élévation subite du sol. » (*Bulletin scientifique de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg*, t. VII, nos 8, 9, 13.) Par suite de cette circonstance, la Scandinavie, pendant la première moitié de la période alluvlale, était encore une île, et les langues de terre de la Laponie russe, de la Finlande, de l'Esthonie, du gouvernement d'Olonetz, ainsi que les parties du gouvernement d'Archangel situées au sud et à l'est de la mer

Blanche, étaient encore recouvertes par les eaux marines, au-dessus desquelles s'élevaient seulement comme des îles les parties les plus élevées de la Laponie russe. A cette époque, les glaçons de la chaîne scandinave et de la Laponie pouvaient arriver sans éprouver de choc jusque dans les plaines du nord de l'Allemagne et de la Russie centrale, laissant des blocs erratiques comme traces de leur voyage, ainsi que cela arrive encore chaque printemps pour les lacs de la Finlande et pour tous les fleuves qui se jettent dans la mer Glaciale.

Dépôt arénacé et blocs erratiques. — Les amas de détritus et de blocs, nommés en Suède *œsars* et *sand-œsars*, sont de longues traînées de détritus qui, d'après M. A. Brongniart, auraient été arrachés des montagnes par un courant diluvien, transportés en striant le sol et déposés derrière les obstacles que les eaux rencontraient dans leur cours, en formant derrière eux des bancs allongés dont la direction générale du nord au sud représente celle que devait avoir l'agent qui transportait ces débris.

Ces œsars ont été comparés aux moraines de la Suisse par M. Agassiz, qui les a considérés comme des formations semblables sur une plus grande échelle, et qui a admis que les œsars n'étaient que des moraines qui auraient été remaniées par les eaux.

Les œsars sont des amas de terrains meubles, étrangers au sol, comme les matériaux du diluvium; mais il y a cette différence, qu'au lieu d'être répar-

tis sur les grands espaces, ce sont des collines étroites en forme de rempart nivelés à leur sommet, ce qui leur a valu dans le pays le nom de chaussée des Géants.

Tous les œsars qu'on a signalés jusqu'à présent se trouvent dans le pays plat, ordinairement dans le voisinage des côtes[1]. Si tous ne sont pas parallèles entre eux, comme on le croyait autrefois, ils suivent du moins en général la direction du littoral.

M. Forchhammer me semble être, de tous les auteurs, celui qui a donné l'explication la plus satisfaisante des œsars, en les rattachant au soulèvement lent de la côte scandinave. Il existe le long des côtes du Jutland et des îles danoises des bancs de sable et de cailloux qu'on désigne sous le nom de raveler, et qui se maintiennent à un niveau constant, à peu près à fleur d'eau, de manière à rendre la navigation très-difficile le long des côtes. Ces raveler, qui rappellent à bien des égards les cordons littoraux de M. Élie de Beaumont, sont surtout fréquents entre le Mariagerford et le Hiemsjard, s'accroissant continuellement par l'effet des vagues qui viennent y déposer de nouveaux matériaux amenés de la plage. Suivant la force du vent et la violence des vagues, les matériaux accumulés sont plus ou moins grossiers, et ce sont ces alternances qui déterminent la stratification imparfaite qu'on remarque dans tous les œsars.

[1] Voyez la carte qui accompagne le mémoire de M. Brongniart dans les Ann. des sc. nat., 1828, t. XIV. M. Durocher a montré depuis que la direction des œsars coïncide en général avec celle des sulcatures. Voyez Bull. Soc. géol., 1846, t. IV, p. 56.

Quelquefois on rencontre aussi de gros blocs anguleux à la surface des œsars, qui affectent même des positions très-bizarres, comme ceux que M. Daubrée[1] a décrits et représentés. Il est probable que ceux-là ont été déposés par les glaces flottantes[2].

Les glaçons qui transportaient de pareils blocs devaient, par cela même que leur poids en était augmenté, s'enfoncer plus profondément, et l'on conçoit qu'ils aient été retenus au sommet de ces digues, lorsqu'elles étaient sous-marines. On peut présumer dès lors que si les côtes des îles danoises s'élevaient tout d'un coup d'une dizaine de mètres, on verrait, au milieu des surfaces fraîchement exondées, de nouveaux œsars ou chaussées de Géants, couronnés çà et là de blocs erratiques[3].

Le fait du soulèvement de la Suède, observé depuis longtemps par les peuples du Nord et indiqué depuis trente ans par M. de Buch, a été confirmé par les travaux de l'expédition scientifique au nord de l'Europe. MM. Bravais, Durocher, Eugène Robert et Martins ont publié un grand nombre d'observations sur les dépôts récents que l'on trouve sur le littoral de la presqu'île Scandinave, du Spitzberg, à des hauteurs diverses, mais qui ne dépassent pas 200 mètres.

Les lignes d'ancien niveau observées par M. Bravais sont venues donner de nouvelles preuves de ce

[1] Bulletin de la Société de géologie, t. XIV, p. 573.

[2] Suivant MM Marchison et de Verneuil, les blocs anguleux qui entourent le lac Wenjan en Dalécarlie, auraient aussi été transportées par des glaces échouées.

[3] Bulletin de la Société de géologie, t. IV, p. 201.

puissant phénomène. Pour ces dépôts arénacés, la plus grande partie sont très-récents et ne renferment que des coquilles qui vivent encore de nos jours dans les mers environnantes. M. Eugène Robert a cependant signalé quelques dépôts qui paraissent plus anciens et qui se rapporteraient, par ces fossiles, à la formation du crag; mais le plus grand nombre de ces dépôts renferment des coquilles dont les espèces vivent encore dans les mers du Nord et la mer Baltique. Il existe plus de cinquante points en Norwége ou en Suède, où l'on connaît de ces dépôts argileux renfermant des coquilles modernes. Nous en citerons seulement un petit nombre : à Uddewalla (Suède), à 70 mètres au-dessus du niveau de la mer; à Stockholm, à Christiania, à 200 mètres; à Drammer, à 180 mètres; à Dronthem, 120 mètres; à Arrendal, à Kousberg, dans l'île Margeröe. On a reconnu des dépôts argileux contenant des coquilles extrêmement modernes au Spitzberg, en Laponie, en Danemark. M. de Verneuil en a découvert deux gisements en Russie, dont l'un se trouve à Ustraka, à l'embouchure de la Vaga, dans la Dwina, à plus de 100 lieues de la mer. M. Lyell en a cité d'identiques dans les dépôts erratiques de l'Angleterre.

M. Dessor, ami et collaborateur de M. Agassiz, après avoir étudié à son tour une partie de la Scandinavie, et spécialement les phénomènes qui se rapportent aux diverses espèces de stries, de sillons, de sulcatures que présente le sol, a établi dans un mémoire que nous avons cité :

1° Qu'il existe la plus grande analogie entre le phénomène erratique du Nord et celui des Alpes, malgré les objections que l'on a élevées contre la théorie glaciaire aux régions scandinaves ;

2° Que les traits propres des phénomènes du Nord sont une conséquence des changements de niveau auquel le sol de la presqu'île a été assujetti ;

3° Que ces changements de niveau ne sont pas limités à l'époque historique, mais qu'ils remontent au delà du diluvium ;

4° Que le sol de la Scandinavie a éprouvé depuis lors des soulèvements et des abaissements successifs.

M. Dessor a admis un premier soulèvement, pendant lequel le sol était plus exhaussé que de nos jours, et pendant lequel il croit que les glaciers ont eu une immense extension, il fonde cette opinion sur l'importante observation que les roches sont striées au-dessous du niveau des eaux actuelles ; puis un affaissement général entraînant à sa suite l'envahissement des plaines de la Scandinavie par la mer ; et enfin une nouvelle immersion de ces mêmes plaines qui se continue encore de nos jours, et pendant laquelle se sont formés et se forment les œsars. C'est l'époque historique.

Finmark. — Stries. — Dans le Finmark, des stries ont été observées sur les montagnes du littoral. On voit sur la carte où Böhtlingk a tracé la direction des stries, en Finmark, en Laponie, en Finlande et en Suède (*Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, v. VII), que dans le Finmark les stries

ont une direction générale au nord et se trouvent dans la direction des pentes. M. Durocher, qui a vu des stries en Finmark sur les montagnes du golfe d'Alten, sur la montagne de Raipas, à 720 mètres au-dessus du niveau de la mer, les rapporte à la ligne nord-nord-ouest — sud-sud-est 15°; il rapporte aussi à cette même direction des stries tracées sur les rochers de la côte jusqu'au niveau de la mer, stries tantôt horizontales, tantôt obliques, comme si la force qui les avait produites *avait été obligée de céder à l'influence de la pesanteur*. M. Durocher a commencé là ses observations sur les stries; il avoue dans son mémoire que ce sont des phénomènes difficiles à observer, et qu'il faut y être exercé. Aussi les observations de M. Böthlingk sur les stries en Laponie nous ont paru mériter plus de confiance.

Dépôt erratique. — M. Durocher n'a pas rencontré de détritus considérable ni de dépôts de blocs erratiques sur les plateaux élevés, et qui puissent être rapportés à la même cause qui a creusé les stries; dans les plaines basses, il a vu des couches, des plates-formes de sable marin, des lignes d'érosion le long des côtes, des dépôts de coquilles d'espèces vivantes élevées à une vingtaine de pieds au-dessus du niveau de la mer, qui indiquaient manifestement que ces terres avaient été soulevées à une époque très-récente.

Laponie. — Stries. — M. Durocher a fait deux observations sur la direction des stries en Laponie : à 3 milles environ de la côte, près du ruisseau de Gurja-

Jaure, sur un rocher de quartzite, les sillons et stries se dirigeant du nord 22° ouest au sud 22° est, à 420 mètres environ au-dessus du niveau de la mer; plus loin, à 5 milles de la côte, sur le haut du vaste plateau que forme une partie de la Laponie norvégienne, des stries furent observées sur un rocher de micaschiste; la direction était nord 2 ou 3° est. D'après la carte de Böthlingk, les stries se dirigeraient, en suivant les contours de la côte et l'inclinaison des terrains, au nord, sur la côte nord, vers le sud-est, puis au nord-est, sur la côte de la mer Blanche.

Dépôts. — Le grand plateau de la Laponie (élevé d'environ 870 mètres au-dessus du niveau de la mer) est presque partout recouvert par un dépôt de détritus formé des débris de roches de la contrée et de blocs qui proviennent des roches environnantes. On trouve, dans toute cette partie de la Laponie, et depuis Kantokeino jusqu'à Tornea, ce même dépôt avec le même caractère.

Les stries y sont peu nombreuses, mais sont en quelques points assez bien tracées pour faire reconnaître la direction du phénomène diluvien.

Finlande. — Stries et sillons. — La Finlande est un grand plateau de granite et de gneiss, présentant des ondulations, et çà et là de petites éminences. Le plateau a au plus 100 mètres au-dessus du niveau de la mer, et les collines dépassent à peine de 30 mètres le niveau des vallées.

M. Durocher a observé un grand nombre de stries, spécialement sur les roches de granite à grains fins;

c'est sur les buttes arrondies qui s'élèvent au-dessus du dépôt détritique qu'on peut les observer le plus distinctement. Ces buttes présentent des stries et des sillons sur toutes les faces : cependant on peut prendre pour direction générale la ligne nord-ouest, sud-sud-est. Il faut toutefois observer que ces directions varient considérablement et à de très-petites distances. Nous citerons les chiffres de M. Durocher auprès de Hannila, nord 69° ouest-sud 69° est ; à Luoto, à quelques lieues de Hannila, nord 70° ouest ; entre Entilla et Raukkolla, nord 40° ouest ; entre Kyrola et Peitzo, nord 50° ouest, et nord 58° ouest ; à Abbors, nord 25° ouest ; entre Vesuvesi et Mussajarvi, nord 30° ouest ; entre Helsinge et Helsingfors, nord 25° ouest ; à Helsingfors, nord 22° ouest. D'Helsingfors au lac Ladoga, la direction des stries se maintient assez régulièrement au nord 25° ouest.

En résumé, les stries et les sillons observés par M. Durocher en Finlande se dirigent en suivant la ligne nord 25° ouest, mais présentent un grand nombre de variations, surtout dans le voisinage des côtes ; ces variations atteignent quelquefois 40°.

Dépôts. — M. Durocher a très-bien décrit les formations détritiques de la Finlande.

Toutes les plaines, vallées, bassins, en un mot tous les lieux bas qui séparent les collines granitiques, sont isolés par un grand dépôt de sable, de débris de granite et de cailloux roulés. — Ce dépôt *grossièrement stratifié* couvre toute l'étendue de la Finlande, et se relie d'un côté avec les immenses

plaines sablonneuses et marécageuses qui s'étendent vers l'est jusqu'à la chaîne de l'Oural, et d'un autre côté vers le sud, sans qu'il y ait interruption et sans qu'on puisse trouver aucune ligne de séparation; on le voit passer à cette vaste formation de sable qui couvre la Russie et qui se prolonge jusqu'à la mer Noire et jusqu'à la mer Caspienne. En Finlande, ce dépôt, formé de détritus granitiques, est remarquable par cette même horizontalité qui le caractérise dans les contrées limitrophes. Son épaisseur est très-variable; en plusieurs endroits on l'a reconnue de 30 à 40 pieds. Il a comblé jusqu'à une certaine hauteur les profondeurs existant entre les montagnes, de sorte que les collines les plus basses y ont été ensevelies et les sommets les plus élevés sont restés au-dessus. Il est rare que le sable et les graviers soient disposés en osars, comme cela a lieu en Suède; il arrive quelquefois qu'ils prennent un commencement de disposition en collines allongées; mais ces cas sont rares. Quand la surface arénacée présente des érosions, elles sont souvent creusées dans des directions différentes de celles qu'on a assignées au diluvium, par des courants qui ont agi postérieurement et qui souvent existent encore aujourd'hui. M. Durocher ne cite des osars en Finlande qu'aux environs de Borga, de Korslmans et Bockart; le dépôt arénacé contient des cailloux roulés de gneiss et de granite, et des blocs erratiques de granite à gros grains et à grains fins de *Rapakivi* (*granite pourri*) qui appartiennent à des roches du pays.

Digitized by Google

Russie. — Sillons et stries. — Les dernières limites assignées par Bothlingk aux stries diluviennes sont le rivage occidental de la mer Blanche, la côte nord de Finlande, et à l'est une ligne qui, partant de Soroka, atteindrait Viborg, en passant sur les rivages E. des lacs Onega et Ladoga. M. de Verneuil a observé en effet des stries sur les îles et sur les roches granitiques qui forment le fond du lac Ladoga; on n'a pas observé de stries et de sillons en Russie au delà de cette ligne.

Dépôt arénacé. — Les plaines de la Russie sont couvertes d'un vaste dépôt arénacé composé de couches alternantes d'argile grossière et de sable quartzeux, mélangées de graviers, de galets, de blocs erratiques. Ce dépôt, qui a presque partout une épaisseur de plus de 100 pieds, a comblé toutes les inégalités que présentaient les terrains de transition qui composent le sol de la Russie, terrains qui, d'après M. Durocher, seraient encore dans la position où ils se sont formés. Les diverses ondulations, les diverses vallées que présente le pays ont été creusées par l'action des eaux.

M. de Verneuil a découvert sur les bords de la Dwina et de la Vaga, à cent lieues environ au sud de la mer Blanche, des couches de sable et d'argile qui contiennent de 15 à 16 espèces de coquilles modernes, dont plusieurs ont encore conservé leur couleur. Trois ou quatre appartiennent à des espèces qui vivent dans la mer Blanche; les autres ont été identifiées par le docteur Beck de Copenhague, avec

les coquilles qui habitent aujourd'hui la mer du Nord. M. Lyell a confirmé cette opinion, et regarde ce groupe de fossiles comme contemporain de ceux qui existent à Uddewalla en Suède. Cette découverte est d'une haute importance; car elle démontre qu'à une époque très-récente, la totalité du vaste plateau de la Russie a été pendant un temps considérable sous une mer dont l'Oural formait la limite orientale.

Le terrain, diluvien avec ossements de mammouths, est élevé à 500 mètres au-dessus du niveau de la mer; dans quelques parties de la Russie, à Tangarok, M. de Verneuil a étudié les diverses couches de terrains que présente cette falaise; il a reconnu qu'elle était composée des mêmes couches décrites par Pallas jusqu'aux couches à ossements; il a vu, comme ce savant voyageur, des calcaires marins inférieurs (miocènes), des sables à planorbes, paludines, unios, cyclades, témoins de l'existence d'une rivière élevée à 15 ou 20 pieds au-dessus de la mer, et enfin le dépôt d'argile sableuse dans lequel on a découvert une dent. Ces couches de calcaire sont les mêmes que M. de Verneuil a décrites dans son mémoire sur la Crimée, sous le nom de calcaire des steppes; elles règnent sur tout le littoral de la mer Noire et de la mer d'Azof. Si cette immense formation est superposée aux dépôts à ossements, ces animaux auraient vécu à une époque antérieure au dernier cataclysme. M. Paillet a fait observer que les terrains tertiaires à ossements sont inférieurs au terrain tertiaire de Millias, Des ossements semblables à

ceux du Nord ont été signalés dans les marnes subapennines.

Le soulèvement moderne de la Russie se trouve non-seulement démontré par les dépôts erratiques, mais il continue encore de nos jours et sous nos yeux, aussi bien que le soulèvement de la Suède. Le sol de la Russie sur les bords de la Baltique éprouve un soulèvement lent et continu, on en a des preuves dans l'abaissement des eaux dans le port de Saint-Pétersbourg. Un grand nombre de villes situées autrefois sur le littoral de la Baltique sont maintenant plus ou moins éloignées dans l'intérieur des terres. Les îles Lugsoë, Aspoë et Teslesaé sont réunies depuis un grand nombre d'années, ce qui a fait conclure à Linné et Cels que la hauteur des eaux de la Baltique diminuait de 11 centimètres par an.

Blocs erratiques. — Les blocs erratiques, d'après M. Dubois, se trouvent dans toutes les couches de cet immense dépôt arénacé; on en trouve un très-grand nombre à la surface, surtout dans les lieux accidentés et sur les collines qui regardent au nord; ils forment autour des collines des bandes horizontales ou des demi-anneaux qui présentent leur côté convexe exposé au nord. Ils forment souvent sur les hauteurs des amas ou des groupes dirigés du nord au sud : ces blocs sont à arêtes très-vives, et appartiennent, d'après MM. Durocher, Razumowsky et Dubois, à quatorze espèces de roches. Ces diverses espèces se rapportant surtout à des granites, des gneiss, des grès quartzeux, ils proviennent généralement de la Fin-

Digitized by Google

lande, des gouvernements de Viborg (*Rapakivi*) et des environs de Saint-Pétersbourg. Ils se sont répandus sur les terres voisines de leur site originaire suivant des directions différentes, qui varient de près d'un quart de circonférence. M. Durocher croit que tous les blocs erratiques de la Russie jusqu'au Niémen proviennent de la Finlande. Un fait extrêmement remarquable et qui a été indiqué par M. Razumowsky, c'est que les blocs erratiques, les plus volumineux au moins, se sont arrêtés sur les collines qui séparent les sources du Dniéper et ses affluents la Bérésina et le Bober, de celles de la Dwina et de ses affluents. En suivant la limite des blocs erratiques à l'est, on voit qu'elle se trouve aussi vers les collines qui séparent les divers affluents du Volga, de ceux des fleuves qui vont se jeter dans la mer du Nord ; mais le dépôt arénacé a dépassé cette limite.

Pologne. — Dépôt arénacé et blocs erratiques. — Le dépôt diluvien s'est étendu sur presque toute la Pologne, où il forme le prolongement de celui qui est en Lithuanie ; on le trouve répandu dans le sud de la Podlaquie, sur le gouvernement de Lublin, sur les pentes nord et est des montagnes centrales du gouvernement de Sandomir, et on le voit passer au dépôt diluvien de la Silésie ; il consiste en couches de sable très-fin entremêlées de couches d'argile, mais le sable prédomine. M. de Buch le considère comme ayant été formé par la destruction des divers grès qui existent en Pologne, plutôt que par la destruction des roches granitiques. Nous voyons que ce dé-

pôt présente les mêmes caractères que celui de la Russie, alternance de sable et d'argile et mélange de débris de roches arrachées au sol sur lequel il repose. Ce terrain diluvien recouvre un dépôt d'argile très-puissant, jaune clair, mélangé de parties calcaires ; on y trouve des coquilles d'eau douce et des ossements de grands animaux fossiles, éléphants, rhinocéros, mastodontes. Cette formation, appelée léhm, se trouve située au-dessous de la formation diluvienne, qui lui est par conséquent postérieure ; et comme on rencontre peu d'ossements fossiles dans les couches supérieures, il faudrait conclure qu'elles se sont déposées au moment où ces grands animaux ont disparu.

Les blocs erratiques, que l'on trouve très-répandus en Pologne, appartiennent aux roches de la Finlande, *rapakivi*, *granite fin*, *gneiss*, et aux roches de la Suède, *trapp*, *porphyre*, *grès à gros grains* ; on les rencontre dans les diverses couches du dépôt diluvien, à la surface du sol que nous avons décrit, et spécialement dans les sables. Leur disposition est la même que celle qui a été observée en Allemagne par M. de Buch ; ils sont ordinairement groupés sur les collines et disposés suivant des lignes variables dont la moyenne est nord et est. Dans les vallées, les blocs sont moins nombreux et disséminés.

Danemark. — Dépôt arénacé. — Il existe sur toute la surface du Danemark un dépôt diluvien qui est formé de couches alternantes de matières arénacées et d'argile ; à sa partie supérieure, on trouve des

couches de sable mélangées de graviers ; au-dessous, des formations argileuses d'une grande épaisseur et de diverses couleurs ; au-dessous, on rencontre encore des matières arénacées. Aux environs de Copenhague, les sables et graviers proviennent des débris de roches quartzeuses et feldspathiques, granite, gneiss. Dans ce dépôt, on a trouvé un grand nombre de coquilles qui vivent encore dans la Baltique : *Balanus saxicava*, *Tellina baltica*, *Venus islandica*. M. Beck dit en avoir reconnu 70 espèces encore vivantes ; elles sont très-abondantes et surtout très-bien conservées dans l'argile. Ce dépôt a dû se former dans des circonstances physiques peu différentes de l'état actuel de nos mers ; il est l'équivalent de ceux qu'on a observés en Suède, auprès de Stockholm, Upsal, Uddewalla ; et comme il se relie sans interruption avec le terrain de transport de la Poméranie et du nord de l'Allemagne, on doit en conclure que ce vaste terrain de transport a été formé à la même époque dans les mêmes circonstances, et a été probablement relevé par le même phénomène.

Blocs. — Les blocs erratiques sont situés dans toutes les couches du dépôt arénacé, mais sont plus nombreux dans les couches de sable : ils appartiennent aux roches des côtes de la Suède et de la Norvége ; le plus grand nombre est formé de roches granitiques.

Allemagne (*Prusse*, *Silésie*, *Saxe*, *Hanovre*). — Le même dépôt arénacé, avec les mêmes caractères, se prolonge en Silésie et en Saxe ; mais à mesure que

l'on s'éloigne de la Pologne, la nature des blocs change : le nombre de ceux qui appartiennent aux rochers de la Finlande diminue peu à peu, tandis que ceux de la Suède deviennent plus nombreux. D'après M. Durocher, les blocs de la Finlande ne dépasseraient pas le méridien de Berlin, et ceux de la Suède le méridien de Vilna. On le trouve appuyé sur les montagnes de la Westphalie, sur les Pays-Bas; il s'étend au delà de la limite des blocs erratiques dans les grandes vallées ouvertes au nord. Dans la vallée du Rhin, les blocs erratiques du Nord s'arrêtent à Arnheim, et le dépôt arénacé atteint Maëstricht; ici, comme en Pologne, le terrain arénacé est formé en grande partie aux dépens du terrain sur lequel il repose; ici encore le terrain erratique se trouve en connexion avec le léhm de la vallée du Rhin.

Nous ferons remarquer ici que ce léhm de la vallée du Rhin et celui de la Pologne qui s'étend de Cracovie aux rives du Bug, se trouvent précisément au milieu des affluents du Rhin et de la Vistule, et pourraient fort bien être des dépôts argileux formés par les deltas de ces fleuves, antérieurement à l'époque où l'inondation diluvienne est venue modifier les terres et les climats.

Le léhm, d'après M. Boué, couvre de grandes plaines de l'Allemagne et de la Hongrie, et remplit le fond des grandes vallées de plusieurs fleuves.

Ce dépôt est connu dans un grand nombre de localités, et a été rencontré spécialement dans les grandes vallées ; c'est à ces dépôts arénacés qu'il

faudrait rapporter, d'après M. Boué, les couches arénacées à ossements d'animaux éteints et les couches à coquilles terrestres que MM. Strickland et Charles Worth ont découvertes, l'un dans la vallée d'Evesham, dans le Worcestershire, et l'autre dans le Suffolk, et dans lesquels ils ont observé des coquilles du pays, à l'exception de trois espèces du genre cyclade qui paraissent éteintes. D'après M. Beudant (*Cours élémentaire de Géologie*, p. 193), ces dépôts se lient souvent à des formations très-modernes, et cette opinion a été soutenue par un grand nombre de géologues du premier mérite.

Angleterre et Écosse. — Sur la côte orientale de l'Angleterre, à la base des montagnes de Cumberland, depuis le Cambridgeshire jusqu'au Lincolnshire, il y a des dépôts diluviens très-épais et très-réguliers, où se trouvent des blocs de granite erratique, dont une partie a été arrachée aux montagnes de l'Angleterre, et dont l'autre a été apportée de la Suède. Aussi le professeur Sedgwick a reconnu que les blocs de granite qui accompagnent les galets dans les plaines septentrionales du Cumberland proviennent du mont Criffel, situé de l'autre côté du golfe Solway, en Ecosse.

M. Kempt a observé sur les flancs des collines de Gallassbiel en Ecosse, des terrasses bien nettement tracées et séparées entre elles par une distance perpendiculaire de 18 mètres et dont la plus élevée atteint 266 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer.

Dans ce même pays M. J. Prestwich a signalé plusieurs plages soulevées de 3 ou 4 mètres au-dessus des plus hautes marées sur la côte du comté de Bauff.

D'après M. Auslin le port de Waterford en Irlande a éprouvé depuis les temps historiques un soulèvement lent, analogue à celui que nous avons cité dans la Suède. . .

« Entre la Tamise et la Twed on a découvert des cailloux roulés et des blocs qui proviennent de la Norvége. M. Phillips a établi que le dépôt que l'on appelle actuellement diluvium dans le Holderness, sur la côte du Yorkshire, a pour base une argile qui renferme des fragments de roches préexistantes plus ou moins gros, plus ou moins arrondis, et présentant à cet égard de grandes variations. Les roches dont ces fragments paraissent provenir ont été trouvées, quelques-unes en Norvége, d'autres dans les montagnes de l'Écosse, dans celles du Cumberland, et dans le nord-ouest et l'ouest du Yorkshire, et une partie assez notable sur la côte du comté de Durham et dans les environs de Whitby. Les fragments sont d'autant plus arrondis que la distance d'où ils proviennent est plus considérable. On rencontre dans la masse d'argile des dépôts quelquefois très-considérables de gravier et de sable. Dans un de ces dépôts, à Brandesburton, on a découvert des débris de l'Éléphant fossile. » (De la Bèche.)

M. Griffith a découvert dans le comté de Mayo un banc composé de sable avec coquilles modernes élevé à 100 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Il est évident que les blocs erratiques de la Norvége que l'on rencontre sur ces côtes ont dû être transportés par les glaces flottantes et ont été relevés par le soulèvement continu ou instantané du sol.

« Plus au nord, on trouve des traces évidentes d'un transport. Le docteur Hibbert a trouvé à Papastour, l'une des îles Shetland, des fragments de roches qui proviennent de Hillewich-New à 12 milles au nord-est de Papastour. Le docteur Hibbert cite plusieurs faits dans lesquels les blocs erratiques viennent du nord-est. » (Hibbert, *Edinburg Journ. of sciences*, v. VII.)

Nous voyons le terrain erratique former un immense dépôt dans toute l'Europe septentrionale, s'étendant dans une immense demi-circonférence dont Stockholm serait le centre. Nous avons donné les caractères que présentent les dépôts arénacés, les blocs erratiques et les sillons pour chaque pays; jetons maintenant un coup d'œil synthétique sur tous ces phénomènes. Il est bien évident, d'après les observations de Sefström, de Siljeström, de Böthlingk, de M. le professeur Keilhau, de M. Daubrée et de M. Dessor, que la direction des stries se trouve dans le sens des grandes vallées en Scandinavie et en Laponie, et que l'agent sulcateur est venu du sommet des montagnes; M. Daubrée et quelques autres géologues ont montré que le terrain détritique recouvrait en plusieurs lieux les roches striées. Ces observations doivent faire admettre que le sol de la Scandinavie a subi diverses oscillations de soulèvement et d'abais-

sement pendant la formation du terrain erratique. On peut très-bien expliquer la formation des stries de la Norvége et de la Suisse par la présence de glaciers puissants sur la chaîne scandinave pendant l'immersion des plaines de la Russie, de la Suède, de la Finlande, du Danemark et des provinces septentrionales de l'Allemagne. Pour les stries observées en Finlande et en Laponie, M. Böthlingk affirme que leur direction est telle qu'elles semblent descendre des plateaux les plus élevés de ces contrées; M. Durocher pense qu'elles sont indépendantes : auraient-elles été faites par des glaciers sur place, ou par des courants diluviens d'une grande masse et d'une grande vitesse? M. Durocher l'attribue à un immense courant venu du Nord, qui aurait passé sur le dos de la chaîne scandinave, et se serait répandu, entraînant après lui une immense quantité de détritus, sur la Finlande, qu'il aurait striée, et les plaines de l'empire russe.

En nous éloignant du centre du terrain erratique, nous voyons disparaître les stries; nous ne retrouvons plus que le dépôt arénacé qui devient de plus en plus puissant, se présentant partout avec ses caractères mixtes, se composant et de débris de roches granitiques et des débris du sol sur lequel il s'est déposé. Dans les diverses parties de ces couches arénacées, excepté cependant à la partie inférieure, on trouve des blocs erratiques : ceux de la Russie proviennent de la Finlande; ceux de la Pologne, de la Russie et de la Finlande; ceux du Danemark, de la

Suède, et enfin ceux de l'Angleterre sont d'origine norvégienne. Mais remarquons bien ici que ce vaste dépôt arénacé présente partout des caractères semblables ; une succession de couches alternantes de sables et d'argile, le sable en dessus, puis des couches d'argile, et enfin de nouvelles couches de sables ; que ce dépôt, qui a 40 à 50 pieds en Finlande, atteint 100 à 150 pieds en Russie, 200 à 300 pieds en Danemark, et que dans les diverses couches de ce dépôt, on trouve des blocs erratiques de la même nature disposés de la même manière, mais moins abondants dans les couches d'argile.

Les couches inférieures ne contiennent malheureusement qu'un très-petit nombre de coquilles et quelques plantes marines trouvées dans l'argile en Angleterre et en Danemark ; mais les couches superficielles renferment dans les parties argileuses une grande quantité de coquilles modernes. Les géologues considèrent ces dépôts comme identiques, et admettent qu'ils ont été faits dans des temps très-rapprochés de nous. En indiquant sur une carte d'Europe les divers points où ces coquilles ont été recueillies, on est vraiment étonné de l'immense surface sur laquelle elles sont indiquées : on en voit, en effet, dans la Scandinavie, la Laponie, la Finlande, la Russie, les bords de la Dwina, le Danemark et l'Angleterre. Ces dépôts d'argiles bleues à coquilles très-modernes occupent ainsi une vaste étendue dans la partie centrale du terrain erratique, et elles indiquent qu'à une époque très-peu éloignée, les terres

qu'elles recouvrent étaient immergées, et que les circonstances dans lesquelles elles se sont formées différaient peu de l'état actuel de nos mers.

M. Élie de Beaumont a fait observer que le terrain erratique était entouré d'une bande limoneuse qui formait sa limite extérieure. A l'est, on trouve le limon noir de la Russie ; au sud de la Pologne, le lehm; sur la frontière de Magdebourg, une bande limoneuse comparée à celle de la Russie; enfin le limon jaune de la Hesbaye. Rappelons qu'en Angleterre M. Hibbert a signalé, près de Strangewagshal, un dépôt d'argile rouge ou brunâtre qui s'étend du nord au sud, et qui, sur une épaisseur d'environ 30 pieds, contient des blocs de granite, de trapp, de grauwacke, qui proviennent du Westmoreland. Ces dépôts limoneux seraient-ils des deltas de fleuves qui auraient été recouverts par le diluvium, ou auraient-ils été produits par le sable soulevé sur les rivages par l'échouage des blocs erratiques? Dans tous les cas, ils témoignent au moins de l'immense étendue que possédait la mer, dans laquelle se formaient les couches du terrain erratique.

Pour résumer en quelques mots les caractères principaux de cette formation, nous rappellerons :

1° Son étendue sur une surface immense : la moitié de l'Europe;

2° La contemporanéité de cette formation avec l'époque de l'ancienne extension des glaciers européens ;

3° La similitude des phénomènes produits par les

glaciers des Alpes avec ceux que l'on observe en Scandinavie;

4° La formation du terrain erratique sous les eaux de la mer;

5° La disposition irrégulièrement stratifiée de ces dépôts;

6° L'absence des fossiles dans les couches inférieures, et leur présence dans les couches les plus modernes;

7° La disposition en terrasses de certaines couches de terrain erratique en Écosse, en Irlande et en Norwége (les traces d'anciens niveaux indiqués par M. Bravais);

8° La démonstration absolue des changements de niveau considérables qu'a subis la presqu'île scandinave pendant l'époque erratique;

9° La présence de dépôts de même caractère appartenant à des époques qui se rapprochent de plus en plus des alluvions modernes.

Si nous rapprochons de ces traits les caractères que nous avons assignés au terrain erratique dans l'Amérique méridionale, nous retrouvons exactement les mêmes phénomènes :

1° Son immense étendue;

2° La contemporanéité de cette formation avec l'ancienne extension des glaciers démontrée par les faits les plus nombreux, attestée par les phénomènes actuels;

3° La similitude des phénomènes produits avec ceux que l'on observe auprès des glaciers importants

qui couvrent les montagnes de cette partie de l'Amérique;

4° La certitude absolue que ce dépôt a été formé sous les eaux de la mer;

5° La stratification irrégulière de ces dépôts;

6° L'absence de fossiles dans les couches inférieures, l'existence de quelques gisements de coquilles modernes dans les couches les plus superficielles;

7° La disposition en terrasses de la plus grande partie des couches du terrain erratique, terrasses qui ont été formées par des modifications dans les niveaux, ainsi que nous l'avons indiqué;

8° La démonstration absolue que tout le continent américain a été soulevé à une époque très-moderne.

On ne peut se refuser à admettre que les phénomènes ne soient aussi semblables qu'ils peuvent l'être, et il est par conséquent extrêmement probable que les actions qui ont produit le dépôt erratique de l'Amérique méridionale, sont de même nature que ceux qui ont produit celui que nous avons étudié avec tant de soin dans le nord de l'Europe.

Il n'est à mon avis aucun fait géologique mieux établi que le soulèvement total de tout le continent de l'Amérique méridionale, depuis le 33° de latitude jusqu'au 57°. On en a les preuves les plus évidentes dans les dépôts de rivage que l'on rencontre sur les deux versants des Cordillères et qui présentent sur plusieurs centaines de lieux la régularité la plus remarquable; dans la présence de coquilles d'espèces vivantes sur tous ces étages, sur toutes ces terrasses de dépôts

détritiques, coquilles peu nombreuses en général, appartenant aux espèces les plus communes et dont l'habitation est la plus étendue, soit en surface, soit en profondeur; puis çà et là quelques points où l'on trouve une quantité considérable de coquilles modernes.

M. Darwin nous a donné un catalogue des coquilles fossiles trouvées dans les terrains tertiaires de la côte de l'Amérique méridionale, et en comparant les mollusques de cette époque avec ceux qui se rencontrent aujourd'hui dans les mers environnantes, il a reconnu que ces mollusques appartenaient en général aux mêmes genres que ceux que l'on rencontre aujourd'hui sous les mêmes latitudes. A Natividad, latitude 34°, les coquilles fossiles que l'on a rencontrées dans les couches tertiaires, appartiennent à des genres dont les espèces vivantes se rencontrent aujourd'hui sous ce même parallèle. Elles appartiennent aux genres *Cassis*, *Pyrola*, *Pleurotoma*, *Terebra*, *Sigaretus*. A Coquimbo, on trouve les genres *Cardium*, *Bulla*, *Fusus*, *Artemis* et *Anomia*. Le genre *Voluta* dont on trouve des espèces vivantes beaucoup plus au sud, alors qu'on n'en trouve plus dans les couches tertiaires, le *Trochus collaris* est dans le même cas, ainsi que quelques autres espèces qui, d'après M. Sowerby, appartiennent plutôt à des climats plus froids. Les fossiles des terrains tertiaires de la Patagonie n'indiquent pas davantage des mers plus chaudes. Ainsi dans les terrains tertiaires de l'Amérique méridionale, rien n'indique une température plus

élevée que celle des côtes actuelles; observation fort importante qui donnerait un grand poids à l'opinion des géologues qui croient que la haute température des terrains tertiaires de l'Europe peut être rapportée à un climat exceptionnel, mais n'a point été nécessairement partagée par les autres contrées tempérées sous des latitudes semblables.

Si nous supposons que pendant la formation des derniers terrains tertiaires la température ait été semblable à celle que nous avons aujourd'hui, ou si même nous admettons qu'elle ait été supérieure de 2 à 3 degrés en moyenne, et qu'elle a diminué insensiblement comme c'est l'opinion générale, on ne devra pas moins en conclure que la chaîne des Cordillères qui formait, avant le soulèvement de la partie méridionale du continent, une série de cimes élevées dont les pentes étaient baignées par la mer, se trouvait dans les conditions les plus favorables au développement des glaciers, et les phénomènes que nous avons étudiés ne permettent pas de douter que les glaciers n'aient eu antérieurement à l'époque actuelle une extension considérable, et cette opinion se vérifie sur les lieux par ce qui se passe actuellement sur les flancs des montagnes des terres magellaniques. Sous l'influence de ces immenses glaciers, il s'est formé des dépôts erratiques qui, postérieurs aux dépôts de graviers sur lesquels ils reposent, les ont immédiatement suivis; Il est vraiment curieux de suivre la marche de ces phénomènes, et nous ne saurions mieux les décrire qu'en supposant que nous assistons

à la formation à laquelle ils ont donné naissance.

Les terrains tertiaires étaient sous les eaux, pendant la formation du dépôt erratique, soit qu'ils eussent subi un affaissement, ce qui est probable, soit qu'ils n'eussent point encore été soulevés. La chaîne des Cordillères était par conséquent isolée dans l'Océan, et en diminuant leur altitude de toute la hauteur des terrains tertiaires, elles devaient avoir des sommets qui atteignaient environ 1800 à 2000 mètres au-dessus des eaux.

Cette chaîne se trouvait évidemment dans les conditions les plus favorables à la formation d'immenses glaciers qui devaient descendre jusqu'au niveau des eaux, strier et polir les montagnes et souvent ces pentes baignées par la mer.

A cette époque le climat étant aussi favorable que possible au développement des glaciers, le dépôt des graviers et des blocs erratiques par les glaces flottantes a dû être très-considérable et s'étendre très-loin vers l'équateur : c'est en effet ce qui est arrivé ; le dépôt erratique est très-considérable sur les terrasses les plus élevées qui correspondent par conséquent aux rivages les plus anciens ; et c'est aussi sur ces terrasses, qui sont élevées à 350 et 400 mètres au-dessus du niveau de la mer, que le terrain erratique se rapproche le plus de l'équateur ; à la même latitude on ne le retrouve plus sur les plateaux inférieurs.

Plus tard le continent s'élève par un mouvement lent et intermittent qui persiste pendant plusieurs siècles ; les conditions du climat sont alors changées,

les glaciers semblent perdre de leur importance, les dépôts erratiques sont moins considérables et s'éloignent moins des sites originaires, en sorte que, à mesure que le sol s'élève, on voit le contour nord du terrain erratique former une courbe qui se rapproche de plus en plus de l'extrémité de l'Amérique méridionale.

Pour appuyer cette opinion je n'ai qu'à citer les faits que nous avons établis dans les chapitres précédents. Je n'en rappellerai que deux ou trois d'une manière plus spéciale et qui ne permettent pas d'invoquer l'action des glaciers sur place : 1° les Cordillères présentent, vers les sources de la Santa-Cruz où le dépôt erratique est très-considérable, une élévation qui est inférieure à celle des autres parties de la chaîne; 2° on trouve dans ces dépôts des infusoires qui tous appartiennent à des genres qui vivent dans la mer, et un ou deux seulement qui vivent dans les eaux saumâtres ; 3° on remarque le mélange confus des blocs erratiques ; 4° la disposition en terrasses de ces dépôts ; 5° enfin on observe sur les plateaux inférieurs des blocs appartenant à des roches toutes différentes de celles des plateaux supérieurs, comme cela a lieu dans l'estuaire de la Santa-Cruz : ce qui démontre, d'une manière absolue, que postérieurement aux dépôts et aux relèvements des blocs fixés sur les plateaux les plus élevés, il s'est fait dans cette estuaire un dépôt de blocs venus de régions différentes et sous l'influence de vents et de courants différents.

Aussi, suivant nous, le dépôt erratique s'est formé

sous les eaux de la mer et par le transport des blocs et des graviers, tantôt par les glaces flottantes, tantôt par l'action des vagues. Ce dépôt a diminué d'importance lorsque les terres ont été soulevées, et l'intermittence du mouvement ascensionnel a formé les terrasses si remarquables sur lesquelles il repose. Un dépôt semblable continue à se former de nos jours sur les bas-fonds qui entourent l'extrémité de l'Amérique méridionale, sous l'influence des mêmes causes et des mêmes agents.

La rareté ou plutôt l'absence des restes organiques dans le dépôt diluvien me paraît dépendre de deux causes : la première, de l'action des glaces flottantes sur les bas-fonds et sur les rivages, et la seconde de l'élévation continue de la côte : conditions éminemment défavorables à la conservation des mollusques. Ces animaux ne se seraient conservés que dans les derniers dépôts erratiques, alors que les phénomènes se rapprochaient de plus en plus de ceux que nous observons aujourd'hui.

L'étude de la formation erratique de l'Amérique méridionale nous paraît jeter de vives et de nouvelles lumières sur l'étude de celle du nord de l'Europe; ces deux formations présentent une ressemblance si frappante que toutes deux doivent avoir des causes du même genre. Les circonstances du dépôt ont pu présenter quelque différence, mais évidemment il est dû aux mêmes agents.

Il n'y a pour l'Amérique du Sud qu'une seule hypothèse possible ou mieux qu'une seule explication

possible, l'extension des glaciers à une époque où la chaîne des Cordillères s'élevait seule au-dessus des eaux entre le 30 et le 57° de latitude sud. Les glaciers qui la couvraient alors ont pris une grande extension en rapport avec les conditions climatériques, et ont entraîné vers la mer des masses énormes de matières arénacées, de cailloux roulés et striés, et un nombre considérable de blocs erratiques qui ont été transportés au loin soit par les glaces qui se détachaient de la face terminale des glaciers, soit par les plateaux de glace qui se formaient pendant l'hiver autour des côtes. Les détritus de petit volume ont été roulés et remaniés par les vagues sur les rivages où ils ont été portés; les blocs erratiques par leur volume et par leur poids ont été soustraits à cette action en tout ou en partie et se rencontrent frais et arêtes vives dans l'épaisseur du dépôt.

Il n'est resté qu'un très-petit nombre de fossiles sur ces terrains erratiques sous l'influence du soulèvement du sol; et à mesure que les terres ont pris leur relief actuel, les glaciers sont rentrés dans les limites que nous connaissons, et la formation erratique a diminué d'étendue et d'importance.

Dans un mémoire qui a pour titre, *Recherches sur les glaciers, les glaces flottantes et les dépôts erratiques qui se forment sous leur influence*, que nous avons publié en 1846, avant de connaître les nombreux travaux de M. Darwin, qui ont été analysés dans ce volume, nous avions été conduit par les phénomènes observés dans la formation erratique du nord de l'Europe et au

détroit de Magellan, à admettre que le dépôt arénacé et les blocs que l'on trouve dans les glaciers avaient été déposés dans le sein des eaux qui recouvraient tout le nord de l'Europe. Depuis l'impression de ce travail, les travaux de M. Dessor et ceux de M. Darwin, publiés dans son ouvrage (*Geological Observations on South America*), nous ont donné des preuves qui devraient porter la conviction dans tous les esprits.

Nous trouvons en effet dans cette étude du terrain erratique du Nord trois faits incontestables et qui, par leur importance, dominent toute la question :

1° Les changements du niveau dans toute l'Europe du Nord. Changement du niveau dont le centre d'action paraît avoir été au milieu de la presqu'île Scandinave;

2° Le dépôt du terrain erratique du nord de l'Europe sous les eaux de la mer, et le transport des blocs par les glaces flottantes;

3° L'immersion de ces dépôts par le soulèvement de toute l'Europe septentrionale. Ce soulèvement n'a pas été régulier dans toute cette étendue; dans quelques parties, il a été long et à peu près continu comme en Scandinavie; il a été interrompu par intervalles en Écosse où il forme des terrasses bien distinctes.

Voyons maintenant si les théories admises jusqu'à ce jour satisfont aux diverses parties du problème, en acceptant comme incontestables les faits ci-dessus.

Nous acceptons aussi la similitude des phénomènes de sulcature, de polissage, et enfin de tous les faits que l'on a si bien étudiés en Suisse et que M. Dessor

déclare identiques à ceux qu'il a vus en Suède.

Il existe trois théories qui se disputent l'honneur de la vérité ; ces théories ont été appliquées au phénomène erratique des Alpes et à celui du nord de l'Europe.

La première est celle de MM. de Buch, Élie de Beaumont, Durocher et Collegno.

M. de Buch avait expliqué le diluvium Alpin par de violentes débâcles.

M. de Beaumont croit que ces dépôts ont été formés par des courants dus au soulèvement de la dernière chaîne des Alpes et par d'immenses dégagements des matières gazeuses qui ont dû l'accompagner. Les glaces qui existaient déjà sur l'ancienne chaîne des Alpes ont été fondues et ont donné naissance à des courants capables d'emporter au loin les plus gros fragments de roches, tantôt enveloppées d'une masse pâteuse de boues, de limons et de graviers, tantôt enchâssées dans des masses de glaces. M. de Collegno attribue la formation du courant aux mêmes causes que M. de Beaumont. M. de Charpentier a repoussé cette hypothèse au congrès de Milan et a montré qu'il était impossible que des masses de glaces fondissent assez rapidement pour produire un tel effet. M. Durocher a appliqué cette théorie à l'étude du terrain erratique du nord de l'Europe, et a voulu expliquer le dépôt erratique par d'immenses courants venus du Nord.

La deuxième est celle de MM. Charpentier, Agassiz et Dessor.

M. de Charpentier, qui autrefois avait cherché à expliquer l'ancienne extension des glaciers de la Suisse par une élévation plus considérable des Alpes, pense aujourd'hui avec M. Agassiz, que ces glaciers sont dus à une diminution générale de la température terrestre, pendant laquelle l'Europe tout entière s'est couverte de glaciers ; et c'est par la présence de ces glaciers en Scandinavie, sur tout le sol occupé par le terrain erratique, et par leur rétrocession survenue lorsque nous sommes revenus à la température actuelle, que ces naturalistes expliquent le phénomène erratique du nord de l'Europe.

M. Dessor a modifié cette opinion et a admis que, pendant l'époque du premier soulèvement de la Scandinavie, ces terres, plus élevées qu'elles ne le sont aujourd'hui, avaient été couvertes de glaciers qui se sont étendus jusque sur les Pays-Bas, la Finlande, sur tout le sol où l'on trouve aujourd'hui les stries et les polis qui accompagnent les glaciers. Pour M. Martins, qui a étudié avec un très-grand soin tous ces phénomènes, ces théories paraissent prématurées et ne répondent qu'en partie aux faits observés.

M. Lyell pense que le phénomène erratique s'est produit sous les eaux à une époque à laquelle la température était inférieure à celle que nous avons aujourd'hui.

Enfin, une théorie émise postérieurement à celle que nous avons indiquée en 1846, est celle de MM. Murchison et de Verneuil, ces observateurs ad-

mettent un climat plus froid que celui de l'époque actuelle qui aurait permis aux glaciers de la Scandinavie de s'avancer jusqu'au débouché des vallées. La Scandinavie, selon M. Murchisson, en se soulevant du sein de l'Océan couvert de glaces, aurait occasionné des courants considérables capables de façonner les plaines du nord de l'Europe, et aurait transporté, au moyen des glaces flottantes, les débris détachés des montagnes scandinaves; transport qui aurait persisté pendant tout le temps de la fusion des glaces; en sorte que la sulcature des rochers et la formation des couches de coquilles boréales modernes auraient eu lieu dans une même époque. Dans cette théorie, on explique le burinage des récifs et des bas-fonds par l'action des glaces flottantes, et les stries et les polis des rochers par l'action des glaciers.

On a aussi présenté plusieurs autres théories qui ont pour but d'expliquer comment il a pu se faire que, pendant le refroidissement constant de la surface de la terre, le décroissement de la température ait été interrompu par une époque glaciaire, après laquelle le sol est revenu à une température plus élevée; il a été émis quatre théories, il nous suffira d'indiquer en quelques mots les théories émises sur cette question.

D'après M. le marquis de Roys, le refroidissement aurait eu lieu à chaque révolution du globe. Les différences de capacité pour le calorique données à l'écorce du globe par la tension qu'il éprouve; les masses considérables de matières gazeuses émises à

l'époque de chaque soulèvement par une rapide augmentation de chaleur, auraient déterminé de larges fluctuations de température, dont le dernier aurait détruit les êtres organisés et créé ces glaces immenses que plusieurs géologues admettent aujourd'hui [1].

Pour M. Rozet, chaque soulèvement d'une chaîne de montagnes ayant été produit par l'intrusion d'une masse considérable de matières ignées, il en est résulté chaque fois un déplacement dans l'axe de rotation de la terre, et ces déplacements ont produit les grands phénomènes géologiques [2].

Ces grands mouvements auraient entraîné les eaux tantôt de l'équateur vers les pôles, tantôt du pôle vers l'équateur; ou suivant d'autres directions et dans une époque récente, des courants venus du Nord auraient ainsi produit le phénomène erratique de l'Europe.

M. Rendu a attribué la diminution de la température de l'Europe à des taches qui auraient diminué la radiation solaire, et entraîné le développement énorme des glaciers [3].

M. Renouard a depuis imaginé une théorie plus astronomique et plus hypothétique que la première [4].

Enfin, M. Lecoq a imaginé une théorie plus inattendue encore; il essaye d'expliquer le développe-

[1] Bulletin de la Société géologique de France, t. XIII, p. 243.

[2] *Id.*, t. XIII, p. 176.

[3] Gautier, Recherches sur l'influence des taches du soleil. Bibliothèque universelle de Genève, p. 327.

[4] Bulletin de la Société géologique de France, t. II, p. 148.

ment des glaciers par un plus grand développement de chaleur.

Nous ne nous arrêterons point à discuter ces théories astronomiques et physiques qui ne reposent sur aucun fait qu'on ne puisse interpréter pour une autre hypothèse. Dans un temps géologique si rapproché de nous, il est éminemment logique de chercher les causes des phénomènes parmi celles que nous voyons agir autour de nous. Nous dirons seulement que la théorie de M. Lecoq me paraît complétement en désaccord avec ce que nous a appris la distribution de la chaleur et celle des glaciers, et qu'elle ne repose que sur des inductions impossibles à démontrer.

Qu'il nous soit permis de faire quelques observations sur les théories qui ont joué et jouent encore un grand rôle dans l'histoire des glaciers. Celle de MM. Élie de Beaumont, de Buch et Collegno ne peut nullement expliquer les phénomènes actuels; les eaux, chargées d'une masse de détritus, de graviers, de blocs, ne peuvent point strier le sol à la manière des glaciers. La fusion de la neige sur les montagnes n'aurait certainement pas été assez rapide pour produire des courants d'une puissance en rapport avec les phénomènes les plus connus. Les courants auraient eu le même niveau de chaque côté des vallées, et en Suisse, on a observé que les côtes exposées à l'action prolongée du soleil présentaient les traces d'érosion à une hauteur moins grande que du côté opposé, ce qui s'explique très-bien par les glaciers. La présence des galets striés à

une grande distance des roches dont ils ont été détachés est aussi une objection grave à l'action des courants qui effacent constamment toutes ces stries. Cette théorie perd tous les jours des partisans, généralement adoptée alors qu'on ne connaissait pas l'action des glaciers, à mesure que cette étude a fait des progrès on a été obligé de revenir à l'opinion de MM. Charpentier et Agassiz.

Les géologues qui ont eu recours aux courants diluviens pour expliquer la formation des stries en Suède et en Finlande ont généralement rapporté au même phénomène le dépôt du terrain erratique. Ainsi MM. Brongniart et Sefstrom ont attribué à ces courants venus du Nord les stries et les osars qu'ils avaient observés en Suède. M. de Buch a cherché à expliquer le phénomène diluvien par des soulèvements.

M. Böthlingk a attribué le phénomène diluvien au soulèvement du sol scandinave, soulèvement qui aurait produit les grands courants, sillonné la Suède et la Finlande, arraché les blocs erratiques qui auraient été ensuite transportés sur des radeaux de glace. M. Durocher a admis aussi l'hypothèse des courants, mais il en cherche l'origine au delà de la Scandinavie, et en cela il diffère de M. Böthlingk. Nous allons reproduire sa théorie, telle qu'il l'a développée dans son beau travail de géologie (*Voyage en Scandinavie*, page 118).

M. Durocher explique l'ensemble du phénomène diluvien de l'Europe par deux hypothèses. La pre-

mière, qu'il appelle « *première période du phénomène diluvien*, » aurait été produite par une grande masse d'eau chargée de glace qui aurait inondé les contrées septentrionales depuis le Groënland jusqu'à la chaîne des monts Ourals; elle se serait précipitée du Nord vers le Sud, envahissant la Norwége, la Suède et la Finlande, démantelant les montagnes et les rochers qu'elle trouvait sur son passage, en polissant la surface, et y traçant des stries et des sillons au moyen des débris qu'elle en arrachait. Cette débâcle immense s'est répandue à l'est jusqu'aux monts Ourals, au sud sur l'Allemagne, la Pologne, la Russie, à l'ouest sur l'Angleterre. « *Ce qui caractérise cette première période, c'est cet état d'irruption brusque et ce degré de violence que l'on ne rencontre dans aucune catastrophe géologique antérieure. La violence de cette action et son instantanéité ont dû avoir pour effet d'arracher les parties saillantes des rochers et de produire un grand nombre de blocs de grande dimension, qui auront été poussés le long des pentes de montagnes, entraînés à des distances plus ou moins grandes et accumulés dans les lieux bas avec les détritus, de manière à former des traînées et des osars.*

» *Dans toutes les parties de l'Europe où ce cataclysme s'est fait sentir, il y aura eu un refroidissement très-sensible, produit par l'arrivée des eaux et des glaces du pôle* (*c'est la deuxième période, p.* 139). *Peu à peu l'agitation se sera calmée, le courant général et violent aura été remplacé par des courants partiels beaucoup plus faibles. A cette époque, la mer a envahi une im-*

mense étendue de l'Europe ; elle a recouvert les terrains de transition de la Russie, les terrains jurassiques, crétacés, tertiaires de la Pologne, de l'Allemagne, du Danemark, et les terrains primitifs en Finlande, Norwége, Suède, Finmark et au Groënland, où il y a des dépôts coquilliers de la même époque.

» Cette submersion d'un aussi grand nombre de terres éloignées les unes des autres, et seulement de terres basses, me paraît avoir été déterminée, non par un abaissement au-dessous du niveau de la mer, mais plutôt par une élevation générale du niveau des eaux, résultant de ce refluement vers le sud.

» Pendant toute cette période, qui a suivi la grande débâcle, il s'est opéré par les radeaux de glace un transport de blocs erratiques du nord vers le sud, jusqu'à ce que les contrées qui forment la côte sud de la Baltique se soient trouvées au-dessus du niveau de la mer. Ce soulèvement me paraît avoir eu lieu en une seule fois (quoique sans violence), à en juger d'après la forme des côtes de la Baltique, où elles sont formées par des escarpements abruptes, au lieu de s'abaisser en pente douce, comme cela aurait lieu probablement si le soulèvement avait été lent et graduel. Le dépôt aurait cessé d'une manière brusque pour le nord de l'Allemagne et la Russie ; mais pour les dépôts sédimentaires et coquilliers qui se forment encore aujourd'hui à l'embouchure des courants d'eau sur les côtes de la Baltique, et les dépôts identiques qui sont relevés à une petite distance du rivage, ils appartiennent évidemment à la période de soulèvement qui se fait de nos jours. »

La théorie de M. Durocher rend très-bien compte des stries de la Finlande, de la formation du dépôt arénacé dans la Finlande, la Russie, la Pologne, mais ne me paraît pas donner une explication satisfaisante des stries de la Scandinavie, de leur direction et des osars de la Suède, qui présentent des directions très-variables.

On peut faire à M. Durocher trois objections principales : 1° d'avoir recours à deux hypothèses différentes pour expliquer le phénomène diluvien : stries, dépôts arénacés et disposition des blocs erratiques, qui présentent des rapports si intimes, que l'on doit penser que ces phénomènes se sont produits dans le même temps et par la même cause.

2° L'hypothèse d'un soulèvement brusque sous le cercle polaire, produisant un refluement des eaux du Nord, qui, chargées de glace, auraient démantelé les rochers de la Scandinavie et de la Finlande, ne repose sur aucune donnée positive.

3° Enfin l'hypothèse d'une élévation permanente du niveau de la mer, résultant du refluement des eaux du Nord vers le Sud, provoquée par un soulèvement brusque sous le cercle polaire, est complétement inadmissible.

Les faits observés par M. Durocher ont été analysés par lui avec le plus grand soin; sa théorie sur la distribution des blocs erratiques sur le fond de la mer, dans laquelle se formait le dépôt erratique, nous paraît très-ingénieuse et extrêmement probable : c'est ainsi que l'on voit se former de nos jours les

terrains erratiques des côtes du Nord, de celles de l'Amérique du Sud, vers le cap Horn ; mais les hypothèses générales auxquelles l'auteur a rapporté ses théories ne nous paraissent pas fondées. Quoi qu'il en soit, les beaux travaux de M. Durocher ont fait faire un grand pas à la question : c'est un succès légitime et durable que ne peuvent nullement atteindre les diverses opinions qui seront émises sur la cause première du phénomène.

L'hypothèse de M. Charpentier et de M. Agassiz, parfaitement applicable aux faits observés en Suisse, ne nous paraît pas pouvoir rendre compte entièrement des phénomènes erratiques du nord de l'Europe.

L'hypothèse d'un immense glacier ne saurait, d'après M. Élie de Beaumont, expliquer la formation des stries ; car un glacier, sur une pente insensible ou sur une plage horizontale à une distance considérable de toute chaîne de montagnes, ne saurait strier le sol. D'autre part, l'existence d'un glacier aussi considérable est complétement inconnue dans le monde, sous le cercle polaire arctique, au pied des chaînes de montagnes parcourues par les voyageurs anglais et américains, dans les climats dont la température moyenne est de beaucoup inférieure à celle que ces auteurs ont supposée pour amener l'extension des glaciers, et nous l'avons montré, une température très-basse n'est point une condition favorable à l'extension des glaciers. Si, du reste, toute la Scandinavie avait une hauteur plus grande que

celle que nous lui connaissons, si la mer ne couvrait point les plaines du Nord, si au contraire elles formaient primitivement le lit d'un immense glacier, nous nous trouverions alors dans les conditions d'un climat excessif peu propre au développement des glaciers. Aussi l'hypothèse d'un glacier immense dans le nord de l'Europe, antérieurement à son immersion, est non-seulement en désaccord avec nos connaissances de géographie physique, mais encore est contraire à l'hypothèse du soulèvement du sol que l'on est obligé d'admettre. Il est, du reste, une foule de faits de détails auxquels elle ne peut répondre, tels que des traces très-évidentes d'érosions produites par les eaux, la dispersion des blocs erratiques, etc.

La théorie de MM. de Verneuil et Murchisson diffère de la précédente, bien qu'elle invoque l'existence de glaciers considérables, en ce que ces naturalistes admettent des courants produits par un soulèvement brusque de la chaîne scandinave sous un océan glacé, courants qui auraient strié et dénudé le sol, produit les vallées, et dispersé pendant une période d'années plus froides les blocs et les terrains erratiques, au moyen de radeaux de glace qui allaient échouer sur les pentes des terres de l'Europe.

M. Dessor a modifié cette théorie et l'a adaptée aux phénomènes qu'il a observés lui-même en Suède. Il a observé en effet : 1° des sulcatures plongeant sous le niveau actuel des eaux ; 2° la présence de coquilles marines fixées sur les roches polies à une hauteur

bien supérieure au niveau actuel. De ces deux faits, M. Dessor tire cette conclusion nécessaire, que le sol de la Scandinavie a été sillonné avant son immersion, et que sa hauteur à l'époque de l'ancienne extension des glaciers était plus élevée de toute la quantité dont les stries plongent à la mer. Nous admettons, avec lui, que le sol de la Scandinavie a été strié avant l'immersion pendant laquelle les coquilles se sont attachées aux roches polies et striées ; mais on peut douter que le sol ait été plus élevé qu'il ne l'est aujourd'hui, on pourrait même admettre qu'il a été moins élevé, parce que nous savons parfaitement bien que les glaciers strient les fonds de mer sur lesquels ils descendent nécessairement, lorsque la mer a une température inférieure à 0, et pour cela il n'est pas nécessaire qu'elle soit toute l'année au-dessous de 0, ce qui est fréquent, et surtout lorsque la masse des glaces mises en mouvement est trop considérable pour qu'elle puisse fondre rapidement dans les eaux refroidies qui baignent son rivage. Les côtes se sont affaissées plus tard, et des coquilles se sont établies sur les roches polies.

M. Dessor fait coïncider l'époque de l'extension des glaciers avec celle de l'élévation générale du sol du nord de l'Europe, ce qui me paraît contraire aux lois météorologiques que nous avons discutées. Ces phénomènes peuvent s'expliquer d'une manière beaucoup plus simple, tout en restant fidèles aux phénomènes actuels et aux lois générales de la géographie physique.

Rappelons-nous que d'après nos études sur la distribution des glaciers, ceux-ci ont une extension d'autant plus considérable que les terres sur lesquelles ils sont fixés ont, par rapport à la mer, une disposition orographique plus favorable à l'état hygrométrique de l'atmosphère.

Supposons que la Scandinavie ayant la hauteur actuelle, les plaines du Nord fussent immergées à la même époque, nous serons immédiatement dans la condition d'un développement considérable des glaciers en rapport avec la disposition insulaire de cette contrée, si nous admettons surtout qu'à cette époque la réunion de l'Angleterre à la France n'ait pas permis aux eaux du Gulf-Stream de pénétrer dans la Baltique et de baigner les côtes méridionales de la Suède.

Mais supposons ensuite que le sol subisse un de ces mouvements de bascule si souvent indiqués dans cette contrée par les géologues les plus distingués, que les plaines de l'Allemagne et de la Russie se soulèvent peu à peu, que la chaîne de la Scandinavie plonge peu à peu dans la mer, les terres exondées étant beaucoup plus considérables et l'emportant de beaucoup en étendue sur les plaines de la Suède qui auront subi un mouvement contraire, il résultera nécessairement de la diminution de hauteur de la chaîne scandinave et du changement de climat qui deviendra de plus en plus continental par l'immersion des terres, que les glaciers reculeront peu à peu et s'élèveront sur les montagnes ; des balanes et des serpules se

fixeront sur ces nouveaux rivages. Ce mouvement continue et atteint 800 pieds; il se forme à cette hauteur des dépôts de coquilles modernes appartenant à une mer plus froide que celle de nos jours. Il en arrive autant dans la Finlande, sur les bords de la mer du Nord qui sont aussi restés à quelques pieds sous les eaux. A une époque plus rapprochée de nous, la Scandinavie est de nouveau exondée et ce mouvement général d'élévation correspond au dernier soulèvement des côtes nord de l'Europe; alors, la surface de notre continent augmente de toute l'étendue des côtes exondés, le climat devient tout à fait continental. La mer se fraye un passage entre la France et l'Angleterre, les eaux de l'Atlantique vont réchauffer ces terres, le climat devient plus chaud pendant l'été plus brumeux pendant l'hiver, et alors ces mers sont habitées par une faune d'un climat plus tempéré, les glaciers se retirent au sommet des montagnes et nous arrivons à l'époque actuelle en expliquant les phénomènes intermédiaires par ceux qui s'accomplissent de nos jours.

S'il nous était possible de rappeler tous les faits que nous avons cités déjà, nous dirions que ces soulèvements des plaines du Nord sont indiqués eux-mêmes par les zones concentriques que nous avons signalées dans le terrain erratique, et par la présence dans la zone centrale des mêmes dépôts à coquilles que l'on rencontre dans la Scandinavie.

De quelque manière que l'on veuille expliquer le phénomène diluvien, on sera toujours obligé d'ad-

mettre que cette formation stratifiée à couches nombreuses, régulières, entremêlées de blocs erratiques, s'est formée dans les eaux d'une mer parcourue par des courants plus ou moins violents, et peut-être quelquefois légèrement troublée par des changements de niveau, soit de la presqu'île scandinave, soit du littoral, et que ce dépôt erratique s'est formé pendant une longue série d'années. C'est, du reste, l'opinion des géologues qui ont étudié spécialement cette question, de MM. Durocher, Élie de Beaumont et de Verneuil.

Si l'immersion de la Scanie, de la Finlande, de la Russie, du Danemark, de la Pologne, de la Prusse et d'une partie de l'Angleterre est attestée par le dépôt du terrain erratique, nous devons conclure que cette immersion a modifié le climat de l'Europe; que cette immersion, en augmentant les conditions hygrométriques et en diminuant la température de l'été, en faisant passer la Scandinavie et le nord de l'Europe dans la position des climats insulaires, a dû entraîner nécessairement l'extension des glaciers en Scandinavie, en Finlande, en Suisse, et probablement dans le reste de l'Europe; que cette immersion a produit un refroidissement qui a dû surtout porter sur les températures estivales; et ce refroidissement de l'Europe, cette extension des glaciers, auraient été produits par un simple abaissement des plaines du Nord au-dessous du niveau de la mer, abaissement démontré par tous les travaux que nous avons rappelés.

M. Agassiz a montré, dans son savant ouvrage sur les glaciers, qu'il suffirait d'une série d'années pluvieuses pour que les glaciers prissent une extension suffisante pour combler la grande vallée du Rhône. M. Martins a estimé qu'une différence de température de 2° ou 4° pouvait rendre aux glaciers leur ancienne extension. M. Durocher pense qu'il faudrait au moins une différence de 5° en température moyenne. Il est incontestable que l'immersion des plaines du nord pourrait entraîner des différences dans les températures moyennes, et surtout être éminemment favorable au développement des glaciers.

Nous avons à expliquer spécialement dans le phénomène diluvien les stries de la Norwége et de la Suède, les stries de la Finlande, la formation du dépôt erratique, et la présence et la disposition des blocs erratiques dans ce dépôt.

Pour les stries de la Suède et de la Norwége, nous croyons, avec Siljestrōm, Bōthlingk, Daubrée, que l'agent sulcateur est venu du sommet des montagnes. Lorsqu'on voit Stockholm, ou peut-être plus exactement la partie la plus élevée des Alpes scandinaves, au pied desquelles elle est située, être le centre du mouvement et du dépôt erratique; lorsqu'on voit les stries prendre leur point de départ des cimes des montagnes en Scandinavie, on est porté à croire que la chaîne scandinave a été le point de départ de l'action errosive, et on peut très-vraisemblablement l'attribuer aux glaciers puissants qui ont recouvert ces montagnes pendant l'immersion du nord de l'Europe.

L'explication des stries de la Finlande présente de grandes difficultés. Quelques géologues refusent aux courants d'eaux animés d'une grande vitesse le pouvoir de strier les rochers, et surtout de leur donner le poli qui appartient aux roches qui avoisinent les glaciers. D'autres géologues refusent à des glaciers partiels et isolés d'avoir pu strier la Finlande, et fondent leur opinion sur le peu d'étendue qu'auraient eue des glaciers sur des îles d'une petite élévation, sur la direction des stries qui, dans le cas de l'hypothèse de ces glaciers, auraient sillonné le sol dans tous les sens. Des glaces, des banquises qui se seraient détachées des montagnes ou des falaises de la Scandinavie auraient-elles pu, en allant échouer sur les îlots granitiques de la Finlande, strier et buriner le sol? On a fait observer que les glaces flottantes n'avaient d'action sur le sol que lorsqu'elles échouaient, et qu'alors les mouvements oscillatoires auxquels elles étaient soumises ne pouvaient en aucune façon produire des stries dans une direction constante. Pourraient-elles agir ainsi lorsque les marées les mettent à flot peu à peu, et les entraînent dans une direction déterminée? Si nous recherchons dans les circonstances actuelles des phénomènes semblables à ceux que l'on suppose s'être passés à l'époque de la formation du terrain diluvien, nous pouvons prendre pour point de comparaison les terres Louis-Philippe, de Palmer, de Graham, situées entre le 63 et le 65e de latitude sud, éloignées du cap Horn d'une distance de moins de 10e (250 lieues), et com-

parer aux îles granitiques et aux bas-fonds de la Finlande les groupes d'îles situés le long de ces terres, les îles New-South-Shetland et les îles Powell. Les glaces qui se forment dans les découpures que présentent ces terres et les blocs qui se détachent des glaciers vont échouer en grande quantité contre ces îles, qu'ils entourent quelquefois d'une ceinture de débris. Dans ces circonstances, on peut admettre que les champs de glace d'une grande puissance peuvent strier latéralement les îlots qu'ils touchent par leurs parois latérales, et strier le fond dans une direction constante, lorsque les marées, qui présentent généralement une marche régulière en rapport avec les conditions topographiques du fond et des rivages, viennent soulever peu à peu les blocs de glace échoués et les entraîner dans leur course.

Les îles Powell et Shetland et les terres Louis-Philippe, quoique beaucoup plus rapprochées que les montagnes de la Finlande ne le seraient de la Scandinavie, peuvent cependant être comparées, quant à leur disposition relative. Nous aurions pu prendre les îles Sandwich, qui sont plus éloignées et qui présentent les mêmes faits. Il est extrêmement probable que ces côtes, sur lesquelles les vagues poussent avec violence des masses de glace de volumes énormes, sont striés jusqu'à une profondeur considérable. Dans les groupes d'îles sur les bas-fonds, ces stries doivent être dans la direction des courants qui sont constants dans les mêmes saisons.

M. Murchisson a cité, dans son beau travail publié

dans le premier volume du Journal de Géologie de Londres et dans son bel ouvrage sur la géologie de la Russie, un nombre de faits remarquables qui confirment entièrement cette opinion.

La plupart des auteurs qui ont étudié avec soin les dépôts erratiques du Nord ont admis aussi que les blocs erratiques avaient été transportés par les glaces flottantes sur cette mer. C'est l'opinion de Bronn de Lyell, de M. Durocher et de M. Élie de Beaumont, qui a fait un rapport si remarquable sur les travaux de M. Durocher. C'est celle de MM. de Verneuil et Murchisson, celle de Böthlingk, de Daubrée. Suivant ces auteurs, les blocs erratiques de la Suède ont été transportés par les glaces à une époque où l'Océan couvrait tout le nord de l'Europe et où toute la Scandinavie ne formait qu'un archipel.

D'après la position de la plupart de ces grands blocs erratiques à peine roulés, dit M. Robert, je ne puis pas m'empêcher de renouveler une opinion que j'ai déjà émise à l'égard de ceux de la Scandinavie : c'est qu'ils me paraissent avoir été transportés par les glaces, qui, après les avoir arrachés aux dernières ramifications des Alpes scandinaves dans les gouvernements d'Olonetz et d'Arkhangel, les auraient déposés et laissés échouer sur les pentes et les côtes sablonneuses ou calcaires des collines où nous les observons aujourd'hui et cela à une époque où la mer occupait une grande partie de la Russie et laissait flotter des champs de glace comme on le voit encore aujourd'hui autour de la Nouvelle-Zemble.

S'il est établi qu'à une époque très-récente une immense surface au nord de l'Europe a été relevée; s'il est établi que les plaines de la Suède et tout le pourtour du terrain erratique ont été sous les eaux pendant une longue série d'années, on peut admettre qu'à une certaine époque, tout le sol que recouvre le terrain erratique a été immergé, excepté la chaîne scandinave, située au centre de cette vaste demi-circonférence.

Examinons ce qui se passerait aujourd'hui si le sol de la Scandinavie, si tout le terrain erratique venait à être immergé par un affaissement, en supposant que la cause de cet affaissement eût lieu dans le voisinage de la Suède ou de la Norwége. Cet affaissement peut avoir été subit ou mieux s'être fait lentement et par une série de petites oscillations. On ne peut supposer une immersion subite sans un cataclysme d'une grande violence, produit par l'action des eaux qui se précipiteraient dans l'espace abandonné par les terres; une série de vagues d'une immense puissance se jetteraient sur la chaîne scandinave, disloqueraient les roches et entraîneraient dans leur course un grand nombre de blocs qui pourraient strier et déchirer le sol à une grande distance. La mer envahirait toutes les terres abaissées, des courants s'établiraient, et une immense quantité de débris seraient répandus sur le sol immergé. Mais bientôt cette mer, communiquant avec la mer Blanche, avec la mer du Nord, serait couverte des glaces flottantes qui s'éloignent des pôles; la température

de l'été serait considérablement modifiée, et par la disposition insulaire de l'Europe, et par les conditions hygrométriques plus favorables; et bientôt la chaîne scandinave, formant ou une île ou une série d'îles dans la mer du Nord, serait couverte de glaciers, et pendant l'été nous verrions les blocs de glace détachés des montagnes, les radeaux séparés des côtes apporter sur le littoral une grande quantité de blocs erratiques et de menus débris. Les modifications que nous venons de signaler dans les températures estivales de l'Europe, l'augmentation de la quantité de neige dans ce climat insulaire, la présence des glaces flottantes jusqu'à 50° de lat. nord, entraîneraient nécessairement l'extension des glaciers des Alpes et des autres chaînes de montagnes.

Cette hypothèse, reposant sur le fait de l'ancienne immersion de la presqu'île scandinave et des terrains erratiques qui l'environnent, rend compte précisément des courants qui ont dû sillonner et strier le sol, produire une grande masse de déblais qui auront été abandonnés sur les pentes, où ils auront été plus tard repris et transportés par les glaciers et les glaces flottantes, suivant la théorie admise par M. Durocher pour la dispersion des blocs erratiques. Le courant diluvien qui aurait été le premier résultat de l'immersion aurait eu ainsi pour premier effet de former une grande masse de déblais, de détacher des blocs d'un grand volume, et de strier le sol de la Finlande et de la Laponie.

Si on suppose que l'affaissement a été produit

par de petites oscillations, les phénomènes produits par les courants auront été moins considérables, mais le temps pendant lequel ont eu lieu les phénomènes d'érosion et de transport glaciérique a été dès lors beaucoup plus long ; et si nous admettons que cet affaissement a eu lieu d'une manière lente et continue, il est dès lors évident que l'action des glaciers a eu lieu pendant une plus longue période de temps et suffisante pour accumuler les immenses dépôts qui se sont formés sous leur influence.

Dans tous les cas l'extension des glaciers a suivi régulièrement les modifications orographiques et a pour ainsi dire été constamment proportionnelle à l'immersion des terres, et lorsqu'elles ont été de nouveau soulevées elles ont reculé suivant la même progression. Dans les deux cas le mouvement des glaciers a dû se faire suivant une progression géométrique, lorsque les circonstances orographiques suivaient une progression arithmétique.

Après une longue série d'années les terres ont été relevées, non pas par un soulèvement unique, mais par une série d'oscillations; car il y a bien évidemment plusieurs périodes, plusieurs époques dans le terrain erratique. Le climat s'est modifié, les glaciers ont fondu, leurs eaux ont remanié les moraines, les ont disposées en longues chaussées, ont raviné le sol, ont accumulé çà et là des masses linéaires d'alluvions, sur les bords de la mer se sont formés les osars, les terrasses diluviennes, et enfin peu à peu nous sommes revenus à l'époque actuelle. Nous admettons

sans doute l'abaissement des montagnes par les ravages produits par des agents atmosphériques, ont contribué puissamment à la rétrogression des glaciers, car on sait, et nous l'avons montré à un nouveau point de vue, que les grandes sommités sont éminemment favorables au développement des glaciers.

Nous persistons à croire que les changements de niveau successifs du sol, submersion puis immersion, soit par mouvements brusques soit lentement, et les modifications météorologiques qui en résultent rendent beaucoup mieux compte des phénomènes qu'aucune autre théorie; la submersion plus ou moins rapide d'une partie de l'Europe explique très-bien le refroidissement que ce continent a subi à la fin de l'époque des terrains tertiaires et qui a entraîné la mort des grands animaux qui habitaient le sol à cette époque, rend compte de l'absence des blocs erratiques dans les couches inférieures du dépôt, de l'absence de terrains tertiaires modernes au-dessous du dépôt erratique dans la plus grande partie des terres qu'il recouvre, et enfin des dislocations énormes que présentent les montagnes de la Scandinavie.

Pour résumer cette longue discussion nous dirons que les dépôts erratiques dans l'Amérique méridionale ont été formés par les mêmes agents et dans des circonstances semblables que dans le nord de l'Europe, et que ces phénomènes si semblables aux deux extrémités du monde peuvent s'expliquer :

1° Par l'ancienne extension des glaciers pendant laquelle les montagnes ont été striées et polies ;

2° Par la contemporanéité de l'immersion des plaines, pendant laquelle les glaces flottantes ont transporté au loin les blocs arrachés aux montagnes;

3° Par l'exhaussement du sol, soit par un soulèvement du continent tout entier, soit par des soulèvements lents, interrompus par des intervalles de repos, çà et là par des soulèvements brusques.

4° Les derniers soulèvements ayant eu lieu dans l'époque actuelle, on trouve une série de dépôts d'âges différents qui remontent jusqu'aux dernières couches des terrains tertiaires.

5° A mesure que le sol a été relevé, les climats se sont modifiés, les conditions hygrométriques, si favorables au développement des glaciers, ayant diminué d'intensité, les neiges éternelles sont enfin arrivées peu à peu, et par oscillations plus ou moins grandes, aux limites que nous leur connaissons dans les temps historiques.

643194

Tables comparatives de la distribution de la chaleur dans les climats insulaires, littoraux et continentaux sous des latitudes semblables.

CLIMATS.	LIEUX.	LATIT.	LONGIT.	HAUTEUR au-dessus de la mer.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	de l'été.	Différence des 2 moy.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	Différence.
	Table n° 1. Lieux situés entre 65° et 60°.										
		° ′	° ′		°	°	°	°			°
Continental...	Jekonsk	62 1 N.	128 47 E.	117	—3.7	—38.3	17.2	56.1	—46	+20	60
	Fort Franklin	65 12 —	125 23 O.	88	—8.2	—27.2	10.2	37.4	—50	11	41
	Fort Simpson	62 11 —	123 52 O.		—3.2	—23.3	15.1	38.6	—24	17	41
Péninsulaire...	Uleaborg	65 3 —	25 6 E.		6.7	—11.1	14.5	25.4	—18	16	29
	Umea	63 50 —	17 56 E.		2.1	—10.2	14.1	24.3	—11	18	27
	Hernœsand	62 58 —	15 33 E.		2.3	— 8.1	15.4	21.3	— 8	14	22
	Abo	60 27 —	19 57 E.		4.8	— 5.4	15.1	21.1	— 6	17	23
	Fulnn (Suède)	60 58 —	15 25 E.	121	4.4	— 5.3	20.1	21.0	— 7	15	22
Insulaire..	Eyafiordur (Islande)	65 40 —	22 6 O.		0.0	— 8.2	7.7	13.9	— 7	8	15
	Reikiavig (Islande)	64 8 —	24 18 O.		4.0	— 1.6	12.0	13.6	— 2	13	13
	T. n° 2. Lieux situés entre 60° et 55° latitude.										
Continental...	Kasan	55 48 N.	46 47	18	2.2	—14.3	17.6	31	—16.5	18	34
	Moscou	55 45 —	55 18	85	3.6	—10.3	16.8	26.8	—10	17	27
	Saint-Petersbourg	59 56 —	27 59		3.5	— 8.4	15.7	24.3	—10	18	26
	Tilsit	55 4 —	18 33		6.7	— 3.0	18.7	20.5	— 3	17	22
Péninsulaire...	Stockholm	59 21 —	18 43	41	5.6	— 3.6	16.1	19.7	— 4	17	22
	Christiania	59 54 —	8 25		5.4	— 3.8	15.3	19.1	— 4	10	20
	Upsal	59 52 —	15 18		5.2	— 3.7	15.4	18.8	— 4	16	20
Insulaire..	Edimbourg	53 57 —	5 32	88	3.8	+ 3.6	14.4	11.3	— 2	15	17
	Stromness (Orkneys)	58 57 —	3 49		8.0	+ 4.6	12.3	7.5	+ 3	3	16
	T. n° 3. Lieux situés entre 53° et 50° latitude.										
Continental...	Irkoosk	52 18 N.	101 53 E.	406	—0.2	—17.8	15.3	33.3	—19	17	36
	Tambow (Russie)	52 47 —	33 8 —	62	5.1	— 8.7	18.4	27.1	—12	20	52
	Fulda	50 54 —	7 24 —	273	8.3	— 2.7	18.7	21.4	— 3	19	22
	Wilna	54 41 —	22 58 —	117	8.3	— 4.6	17.6	22.2	— 5	18	23
	Varsovie	52 13 —	18 42 —	121	7.5	— 2.5	17.5	20.0	— 4	18	22
	Cracovie	50 4 —	17 57 —	201	8.0	— 3.3	19.1	22.4	— 5	19	24
	Berlin	52 31 —	11 3 —	39	8.6	— 6.8	17.8	18.1	— 2	18	20
	Breslau	51 6 —	14 42 —	140	8.1	— 1.0	17.3	18.3	— 1	18	20
	Dresde	51 8 —	11 24 —	121	8.5	— 6.4	17.2	17.6	— 2	18	20
Péninsulaire...	Stralsond	54 19 —	10 45		8.2	— 0.2	16.5	16.7	— 1	17	18
	Preestoe (Danemark)	55 7 —	3 43 E.		8.0	— 0.3	16.2	16.5	— 1	16	17
	Hamboorg	55 29 —	7 38		8.6	— 6.3	16.7	16.7	— 1	17	18
	Apenrede	55 3 —	7 5		8.3	0.5	16.2	16.2	+ 0	18	18
	Manchester	53 29 —	4 35 O.	47	8.7	2.8	14.8	12.6	+ 2	15	13
	Dublin	53 23 —	3 41 —		3.5	4.6	15.3	10.7	4	18	14
Insulaire..	Alderley rectory	53 20 —	4 40 —		8.3	2.7	14.6	11.5	2	14	12
	Londres	51 31 —	2 20 —		10.4	4.2	17.1	12.9	8	17	14
	Port Femine	53 38 S.	73 14 —		5.25	0.60	10.6	9.4	— 0.3	10	11.4
	Hulok (Am. russe)	53 32 N.	168 45 —		4.1	0.1	10.5	16.6	— 1	12	13
	T. n° 4. Lieux situés entre 50° et 45° latitude.										
Littoral amér. or.	Montreal	45 31 N.	75 55 O.		6.5	— 3.1	26.8	23.7	— 9	21	23
	St-Laurence	44 40 —	77 20 —	121	6.2	— 6.3	18.6	25.4	— 7	20	27
	Halifax	44 39 —	33 37 —		6.2	— 4.4	17.2	21.6	— 3	18	24
Continental...	Vienne	48 13 —	14 8 —	156	10.1	0.2	20.5	20.1	1.6	20	20
	Mannheim	49 29 —	6 8 —	92	10.3	1.3	19.5	18	0.0	20	20
	Carlsruhe	49 1 —	8 3 E.	113	10.2	1.1	18.9	17.8	6.6	19	18
	Strasbourg	48 33 —	3 25 —	148	9.8	1.1	18.1	17.6	6	18	18
	Trèves	49 46 —	4 18 —	156	10.6	1.9	17.8	15.9	6	18	18
	Paris	48 50 —	0 0	34	10.8	3.5	18.1	14.6	1	18	17
	Fort Vancouver	45 38 —	122 34 O.		11.8	4.2	18.2	18	1	18	18
Littoral...	Padoue	45 24 —	3 32 —		12.8	2.8	21.8	20.8	1	22	21
	Fort George	46 18 —	125 20		10.1	3.8	15.5	11.7	2	18	14
	La Rochelle	46 8 —	3 28		11.8	4.2	18.4	15.2	2	20	18
	Cherbourg	49 39 —	3 58		11.2	3.2	17.3	12.1	3	17	14
Insulaire..	Gosport	50 48 —	3 28		11.0	3.0	17.1	12.1	3	17	14
	Plymouth	50 22 —	4 28		11.1	8.8	18.8	9.1	8	16	11
	Puizaoce	50 7 —	7 35		11.1	8.6	18.5	8.8	3	17	12

CLIMATS.	LIEUX.	LATIT. de Paris.	LONGIT.	HAUTEUR au-dessus de la mer.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	de l'été.	Différence des 2 moy.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	Différence
	Table n° 3. Lieux situés entre 43° et 40° latitude.										
		° ′	° ′	m	°	°	°	°			°
Continental. . .	Fort Howerd (Michigen).	44 40 N.	89 22 O.	166	6.6	— 7.3	20.3	27.6	— 7	23	30
	Councill Bluffs (Ét.-Unis).	41 23 O.	98 3 O.	323	6.7	— 3.2	23.2	28.4	— 6	23	29
	Rochester (Ét.-Unis)	43 6 —	60 11 O.	156	6.1	— 2.3	20 3	22.3	— 3	22	25
	Albany (*id.*)	42 39 —	76 3 —	63	6.2	— 6	20 9	23.6	— 6	22	25
Littoral américain. . .	Salem.	40 24 —	76 33 —		12.1	2.2	21.1	16.9			
	Boston.	42 31 O.	75 14 O.		3.6	— 2.6	20.6	23.2	— 3	21	24
	Middletown (*id*) . .	42 21 O.	73 24 O.		3.3	— 1.6	20.3	22.1	— 3	21	24
Ins. aust. .	Hobart-tawn.	42 43 S.	143 13 O.		11.3	3.6	17.3	11.7	4	17	13
	Constantinople.	41 0 N.	26 66 E.		13.7	4.8	23.0	16			
	Bordeaux.	44 50 —	2 35 O.		13.9	6.1	21.7	13.6	3	22	17
	Florence.	43 47 —	6 33 E.	64	13.2	6 6	24.0	17.2	3	23	20
Littoral. .	Perpignan.	42 42 —	0 34 O.	53	15.5	7.2	23.9	16.7	3	23	20
	Marseille.	43 16 —	3 2 E.	43	14.1	3.9	21.4	14.3	5	22	17
	Toulon.	43 7 —	6 36 E.		15.1	3.6	22.3	16.7	7	23	16
	Nice.	43 42 —	4 37 E.		15.6	9.6	22.5	16.2	9	23	13
Péninsulaire. . .	Rome.	41 54 —	16 3 —	53	13.4	6.1	22 6	14.3	7	23	16
	Naples.	40 31 —	11 55 —		10.4	6.3	23.3	14	9	24	13
	T. n° 3. Lieux entre 40° et 35° latitude.										
Continental. . .	Marietta.	36 25 N.	38 30 O.	1657	11.3	0.3	21.6	21.1	0	22	22
	Cincinnati.	38 3 —	66 47 —	162	12 2	0.3	22.3	22.3	— 1	23	24
	St-Louis (Missouri).	36 36 —	91 56 —	170	13.6	0.7	22.4	21.4	— 1	25	26
Littoral américain. . .	Baltimore.	39 17 —	73 36 O.		11.6	6.4	26.1	22 7	—6 0	24	24
	Chapel-Hill.	63 54 —	31 19 O.		15.7	5.4	25.2	16.3	2	23	23
	Constantine.	36 20 —	4 14 E.		17.2	10.2	23.6	16.4			
Littoral. .	Tunis.	33 43 —	7 51 —		20.3	16.2	26.3	15.1	11	30	10
	Smyrne.	33 26 —	21 43 —		16.2	11.1	26.0	14.3			
	Alger.	36 47 —	0 46 —		17.6	12.4	23.6	11.2	14	24	10
Péninsulaire. . .	Gibraltar.	6 7 —	7 46 O.		17.9	13.3	22.7	8.9	16	23	10
	Lisbonne.	38 42 —	11 29 O.	72	16.4	11.3	21.7	10.4	11	22	11
	Cagliari.	36 13 —	4 6 E.		16.3	10.2	22.4	12.2	3	23	13
Insulaire. .	Palerme.	33 7 —	11 1 E.	101	17.0	11.4	23.5	12.1	10	24	14
	Messine.	38 11 —	13 14 E.	33	13.0	12.6	25.1	12.6	12	26	14
	T. n° 7. Lieux entre 35° et 30°.										
Littoral. .	Abbeville (Caroline).	34 10 N.	84 46 O.		17.5	6.3	26.7	16.4			
	Smithville.	34 N.	80 25 O.		16.3	14.1	25.2	15.2	13	23	13
	Montevideo.	64 34 S.	58 33 O.		18.3	14.1	23.2	11.1	13	26	16
	Cap de Bonne Espér. .	33 33 —	16 6 E.		16.1	14.8	23.4	6.3	14	24	10
	Perematta (N. Holl.).	33 50 S.	146 50 E.		16.1	12 3	23.3	10.6	11	24	13
Insulaire. .	St.-George (Bermod).	32 20 N.	67 10 O.		19.7	15.1	24.0	6.9	14	24	10
	Funchal (Madère). .	62 28 N.	13 13 O.		16.7	16.3	21.1	4.3	13	22	7
	T. n° 3. Lieux entre 30° et 25°.										
Péninsulaire. . .	St.-August. (Floride).	29 43 N.	83 55 O.		22.3	13.6	28.2	12.6			
	Fort King (Floride). .	29 03 —	84 30 —		22.0	16 3	26.1	11.6			
Insulaire. .	Las Palmas (Canar.).	28 0 —	17 51 O.		21.5	15.6	23.3	3.3	17	29	12
	Ste.-Croix (Ténériffe).	28 28 —	16 36 O.		21.9	13.1	24 9	6.8	17	26	3
	T. n° 9. Lieux entre 30° et 20° latitude.										
Littoral. .	Canton.	23 6 N.	110 36 E		21.0	12.7	27 6	13.1	11	26	17
	Macao.	22 11 N.	111 14 E.		22.3	16.4	28.2	11.3	14	28	14
	Rio-Janeiro.	22 35 S	45 38 O.	48	23.1	20.6	26.1	6 0	16	26	7
	Aya (Asie).	21 40 N.	113 40 E.	87	63.7	20 4	28.7	8.3	18	30	12
	Calcutta.	22 38 N	86 O.		25.6	13.6	28.1	3.2	16	29	11
	Key-West.	24 34	84 13 —		24.7	21.3	28.1	6.6	21	28	7
	Honoreerou (Sandw.).	21 19 N.	160 21 O.		23.7	21.6	25.3	3.9	21	25	4
Insulaire. .	La Havane (Cuba). .	26 6 N.	84 46 O.		25.0	22.6	27.4	4.6	21	27	6
	St.-Denis (Bourbon).	20 32 N.	53 16 —	22	25.0	22.3	26.7	4.1	22	27	3
	Matanzas (Cuba). . .	23 2 N.	83 58 —		25.0	22.3	27.6	5.1	21	27	6

CLIMATS.	LIEUX.	LATIT.	LONGIT.	HAUTEUR au-dessus de la mer.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année.	de l'hiver.	de l'été.	Différence des 2 moy.	du mois le plus froid.	du mois le plus chaud.	Différence.
	Table n° 10. Lieux entre 20° et 10° latitude.										
		° ′	° ′		°	°	°	°			°
Littoral.	Bombay.	18 56 N.	70 34 E.		26.0	23.2	28.1	4.9	22	29	7
	Cumana.	10 28 —	66 30 E.		27.4	27.0	28.6	1.6	26	29	3
	Anjarakandy.	11 40 —	73 20 O.		27.2	26.9	26.1	0.8	25	29	4
	Madras.	13 5 —	77 57 E		27.8	24.8	30.2	5.2	24	31	7
	Maracayho.	11 19 —	76 29 O.		29.0	27.0	30.4	3.4	27	30	3
Insulaire..	Jamaïque.	17 50 —	79 2 —		26.1	24.6	27.0	2.4	24	27	3
	Tortola (Antilles).	18 27 —	67 0 —		26.2	25 5	27.0	1.5	24	27	3
	St.-Barthelemy (id.)	17 53 —	65 20 —		26.1	26.2	27.4	2.5	25	28	3
	T. n° 11. Lieux entre 10° et 0°.										
Littoral.	Paramaribo (Guy.).	5 45 N.	57 33 O.		26.5	25.9	26 9	1.0	25	28	3
	Christiansborg.	5 24 N.	2 10 O.		27.2	26.9	29.0	2.1	24	29	5
	St-Luis de Maranhao.	2 31 S.	46 36 O		27.1	27.1	27.0	1.0	26	27	1
	Côte de Guinée.	5 30 N.	2 0 O.		27.4	28.4	28.3	0.1	25	28	3
Insulaire..	Trinconomale (Ceyl.).	8 34 —	79 2 O.		27.4	25.7	28.9	3.2	25	29	4
	Sinkapour.	1 17 N.	101 30 E.		25.9	25.9	27.1	1.2	25	27	2
	Batavia.	6 9 S.	104 33 E.		26.6	26.2	27.2	1.0	25	27	2

Tables des températures moyennes de quelques lieux situés à une élévation de 2990 à 1413^{m}.

Table n° 12.

LIEUX.	LATIT.	LONGIT.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer	TEMPÉRATURES MOYENNES. Année.	Hiver.	Été.	Différ.
Casino, Etna.	37 10 N.	12 41 E	2990^{m}	— 1.3	— 8.6	+ 6.6	15.2
St.-Bernard.	45 50 —	4 45 E	4843	— 1.0	— 7.8	+ 6.1	14.9
St.-Gothard.	46 23 —	8 14 —	2095	— 0.8	— 7	+ 6.7	14.3
Darjiling.	27 0 —	86 4 —	2124	+ 12	+ 5.4	+ 16.3	10.9
Otacamound.	11 55 —	74 30 —	2241	13.9	11.4	16.3	4.9
Santa-Fe de Bogota.	4 36 —	76 34 O.	2631	15	15.1	15.3	0.2
Quito.	0 14 —	81 5 —	2914	15.6	15.4	15.6	0.2
Mexico.	19 26 —	101 26 —	2271	16.6	13.0	19.1	2.5
Moussouri. (Inde.).	30 27 —	75 42 E	1910	14	5.5	19.8	14.3
Lohughat. (Inde.).	29 23 —	76 56 —	1696	15.2	7.5	21.2	13.7
Kathmandou. (Inde.).	27 42 —	85 20 —	1413	17.3	8.4	24.3	15.9

Tableau comparatif des hauteurs de la limite des neiges perpétuelles dans les deux hémisphères, dans les climats insulaires, péninsulaires, littoraux et continentaux sous les mêmes latitudes.

Table n° 13.

CLIMAT INSULAIRE.			CLIMAT PÉNINSULAIRE.				CLIMAT LITTORAL.				CLIMAT CONTINENTAL.			
Lieux.	Latit.	Limite infér. des neiges pp.	Lieux.	Latit.	Limite infér. des neiges pp.	Différence.	Lieux.	Latit.	Limite	Différence.	Lieux.	Latit.	Limite	Différence.
	° ′			° ° ′				° ° ′				° ′		
Ile Majeroë. . . .	71 15 N.	720m	Norwége intér. .	70 70 15	1072	352								
Islande Osterjoekull.	65	936m	Norwége intér. .	66 67	1266	330								
Ounalachka. . .	53 44 N.	1070												
Dét. de Magellan.	53 54 S.	1130												
Ile Georgia. . . .	54 55 S.	0?	Kamtchatka (Cheveluck V.)	56 40	1600	1600								
				° ′ °			Alpes.	45 45 46	2708m					
Chiloë.	41 43° S.	1900m	Pyrénées.	42 20 43	2728m	825	Caucase.	42 47 46	2708m	1335				
Sicile, Etna (1). .	37 30′	2905	Mont Argæus. .	38 33	3260	301								
Sicile, Etna. . .	37 30	2905	Espagne, Sierra Nevada de Grenade.	37 10	3410	505	Mont Ararat. . .	39° 42′ N.	4318?	1423	Mont Bolor. . . .	37 30	5185	2280
											Hindou Kho, V. S.	34 30	3956	
							Chili (il ne pleut jamais). . . .	33 S.	4482		Himalaya, V. N.	30 15 31	5067	585
											Himalaya, V. S.		3950	1111
											Mexique.	19 19 15	4500	
							Abyssinie.	13 10 N.	4287					
							Cordillère orient. (Il ne pleut jamais.)	14 S.	4852					
							Cordillère occid.		5046					
							Amérique mérid. (Sierra nevada de Merida). .	8 5	4550					
							Amérique mérid. (Tolmer V.). .	4 26	4670					
							Amérique merid. (Puracé vol.). .	2 18	4688					
							Andes de Quito.	1° 1° 30	4812					
							Equateur Quito. .	0 0	4824					

(1) La limite des neiges perpétuelles est probablement trop basse; au mont Etna les neiges disparaissent quelquefois presque entièrement (Elie de Beaumont).

CATALOGUE DES ROCHES

RECUEILLIES

PAR M. LE Dr. HOMBRON,
Chirurgien-major de l'*Astrolabe*,

PENDANT LE VOYAGE EXÉCUTÉ SOUS LES ORDRES DU CONTRE-AMIRAL DUMONT-D'URVILLE.

—

Première partie.

DÉTROIT DE MAGELLAN.

N° d'ordre.

1. Talcite phylladiforme gris clair.
Cap remarquable.

—

2. Conglomérat anagéniqne à gros fragments verdâtres et roulés qui proviennent des terrains de talcite et des assises subordonnées.
Cap remarquable.

—

3. Grauwacke à gros grains gris verdâtre.
Cap remarquable.

—

4. Granwacke à grains très-fins gris verdâtre.
Cap remarqnable.

—

5. Grauwacke gris clair avec des veines de quartz.
Cap remarqnable.

—

6. Quartz en veines dans la grauwacke.
Cap remarquable.

Digitized by Google

N° d'ordre.

7. Grauwacke à grains très-fins gris verdâtre.
Cap remarquable.

—

8. Granite à gros grains gris clair.
Port Saint-Nicolas.

—

9. Syénite à gros grains gris clair.
Port Saint-Nicolas.

—

10. Syénite à gros grains jaune rougeâtre.
Port Saint-Nicolas.

—

11. Conglomérat anagénique à gros fragments.
Port Saint-Nicolas.

—

12. Galets de pétrosilex talcifère, détachés des conglomérats précédents.
Port Saint-Nicolas.

—

13. Grauwackes à grains moyens gris verdâtres.
Port Saint-Nicolas.

—

14. Sable polygénique à gros grains gris foncé.
Port Saint-Nicolas.

—

15. Fraïdronite gris rougeâtre.
Port Famine.

—

16. Grauwacke à grains fins verdâtres, traversée par des veines de quartz.
Port Famine.

—

17. Euritine phylladifère tabulaire.
Port Famine.

N° d'ordre.

18. Euritine recouverte d'un enduit de limonite.
Port Famine.

—

19. Euritine avec rognons de silex.

—

20. Lignite luisant brun foncé.
Port Famine.

—

21. Talcite quartzifère gris verdâtre.
Port Galant.

—

22. Talcite quartzifère gris jaunâtre.

—

23. Talcite quartzifère gris jaunâtre avec cristaux de quartz.
Port Galant.

—

24. Quartzite talcifère à grains très-fins gris verdâtre.
Port Galant.

—

25. Quartzite talcifère à grains très-fins gris jaunâtre.
Port Galant.

—

26. Quartzite jaune avec pyrites.
Port Galant.

—

27. Diorite sans délit à grains moyens.
Port Galant.

—

28. Mimosite à grains fins gris jaunâtre.
Port Galant.

—

PATAGONIE.

N° d'ordre.

29. Talcite quartzifère jaunâtre.
Roulée, erratique.

—

30. Granite gris clair à gros grain.
Erratique.

—

31. Diorite à gros grains gris foncé.
Erratique.

—

32. Porphyre dioritique verdâtre.
Erratique.

—

33. Ophite avec cristaux de feldspath.
Erratique.

—

34. Mimosite à grains fins vert foncé.
Erratique.

—

35. Quartzite compacte gris et jaune.
Erratique.

—

36. Conglomérat polygénique à ciment.
De marnolite.

—

37. Grès polygénique à ciment de marnolite gris jaunâtre à grains moyens.
Havre Pecket.

—

38. Molasse à grains fins jaunâtre.
Havre Pecket.

—

39. Molasse à grains fins blanc jaunâtre.
Havre Pecket.

—

40. Sable polygénique à base de quartz et de porphyre dioritique.
Havre Pecket.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE DU CATALOGUE.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

Pages

Chap. I. Observations recueillies sur la géologie et la géographie physique des terres antarctiques. 1

— II. Glaciers des régions polaires. 73

— III. Glaces flottantes. 111

— IV. Détroit de Magellan et Terre de Feu. 150

— V. Observations générales sur la disposition des terrains de la Patagonie et de la Terre de Feu. 195

— VI. Des glaciers de l'Amérique méridionale et de leur immense extension. 314

— VII. Du climat des terres magellaniques, de l'influence des climats sur la distribution géographique des êtres organisés, et la limite inférieure des glaciers. Application de cette étude à la formation des dépôts erratiques. . 334

— VIII. Études comparatives des terrains erratiques de l'Amérique du Sud et de celui du nord de l'Europe. 385

FIN DE LA TABLE.

Digitized by Google

Digitized by Google

Niveau de la mer

La coupe [illegible] *hauteur* [illegible] *pas* [illegible] *le* [illegible] *mètres que* [illegible] *et* [illegible] *entre la terrasse* [illegible] *à l'ouest*

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google